1901

Beulaygue

N° 15

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DE LA FLEUR

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Montpellier

Le 23 Juillet 1901

Pour obtenir le grade de Pharmacien Supérieur de 1re Classe

PAR

L. BEULAYGUE

Ancien Préparateur de Botanique à l'École de Médecine et de Pharmacie d'Alger
Lauréat de la même Ecole (Concours de 1893-1894-1895)
Ancien Chef-Interne, Lauréat des Hôpitaux (Concours de 1894)
Pharmacien de 1re Classe
Licencié ès Sciences Naturelles
Essayeur diplômé par l'Administration des Monnaies
Docteur en Pharmacie de l'Université de Montpellier
Professeur-Suppléant à l'École de Médecine et de Pharmacie d'Alger

JURY : MM. COURCHET, *Professeur*, *Président*.
PLANCHON, *Professeur*.
GAUCHER, *Chargé de Cours*.

ACAD. GRAT. IRL.

MONTPELLIER
IMPRIMERIE DELORD-BOEHM ET MARTIAL
Imprimeurs du Bulletin de Pharmacie du Sud-Est

1901

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

PROFESSEURS

MM. G. MASSOL (I. P. ✿), DIRECTEUR.	*Physique.*
L. COURCHET (I. P. ✿).....	*Hist. natur. des médicaments et Botanique.*
C. ASTRE (I. P. ✿).....	*Chimie générale.*
PLANCHON (A. ✿).....	*Matière médicale.*
JADIN (A. ✿), chargé du cours....	*Pharmacie.*
FONZES-DIACON (A. ✿), ch. du c.	*Chimie analytique et Toxicologie.*

COURS COMPLÉMENTAIRES ET AUXILIAIRES

MM. JADIN, agrégé.....	*Pharmacie galénique.*
IMBERT, agrégé.....	*Chimie minérale.*
FONZES-DIACON, agrégé.....	*Analyse qualitative.*
BELUGOU (A. ✿), chargé du cours	*Minéralogie et Hydrologie*
GAUCHER (A. ✿), chargé du cours	*Botanique cryptogamique.*

AGRÉGÉS

MM. JADIN (A. ✿).
IMBERT (A. ✿).
FONZES-DIACON (A. ✿).
GAUCHER (A. ✿), Chargé des fonctions.

Secrétaire : H. GOT (I. P. ✿).

NOTA.— L'École de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui lui sont présentées.

A MONSIEUR JEANMAIRE

RECTEUR DE L'ACADÉMIE D'ALGER

A MONSIEUR LE DOCTEUR BRUCH

DIRECTEUR DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

Hommage très respectueux de mon entier dévouement.

L. BEULAYGUE.

A MONSIEUR A. MAIGE

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DES SCIENCES D'ALGER

Hommage bien sincère de ma vive reconnaissance.

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR L. COURCHET

PROFESSEUR DE BOTANIQUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE MONTPELLIER

A MES SAVANTS MAITRES

MM. BATTANDIER, MALOSSE ET HÉRAIL

PROFESSEURS A L'ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE D'ALGER

Hommage très respectueux de ma profonde reconnaissance.

L. BEULAYGUE.

RECHERCHES PHYSIOLOGIQUES

SUR LE

DÉVELOPPEMENT DE LA FLEUR

INTRODUCTION

Des nombreux mémoires ou travaux publiés depuis quelques années, ayant trait à la physiologie végétale, il n'en est qu'un petit nombre qui se rapportent à la fleur. Cela tient à ce que le rôle physiologique des quatre verticilles floraux n'a pas été élucidé d'une façon parallèle.

Si la fonction spéciale de reproduction est dévolue d'une manière incontestable aux deux verticilles internes, androcée et gynécée, le rôle particulier des deux verticilles externes, calice et corolle, constituant à eux deux le périanthe, n'a pas toujours été considéré de la même façon.

Quelques auteurs ont d'abord attribué au périanthe un rôle protecteur des organes de reproduction. Puis d'autres, tels que Sprengel, Darwin, Fritz et Hermann, Müller, John Lubbock, ont pensé que ces organes servaient par leur forme et l'éclat de leurs couleurs à attirer les insectes et à opérer chez les plantes la fécondation croisée. Par une sorte de sélection progressive, il se serait ainsi formé une adaptation spéciale des plantes aux insectes et réciproquement, à laquelle on devrait attribuer la forme, la couleur, le parfum, etc., des fleurs.

Cette théorie a été vivement combattue par Ludwig, Th. Mechan et Axell, puis réfutée expérimentalement en 1879 par M.G. Bonnier (1), et en 1897 par M. Plateau (2), et il résulte de ces expériences que l'on doit se contenter d'attribuer aux insectes simplement un rôle fécondateur dans un certain nombre de cas.

La question en était là, lorsqu'en 1898 M. Curtel (3) entreprit de l'approfondir davantage. Ses expériences, très précises et très intéressantes, portèrent tout d'abord sur les échanges gazeux de la fleur et en particulier du périanthe, sur la transpiration comparée de la fleur et de la feuille, et enfin sur la détermination des pouvoirs absorbant, émissif, diffusif et réflecteur de la corolle. Les résultats de ces expériences l'amenèrent à attribuer au périanthe un rôle nouveau, et à considérer en même temps la coloration de cet organe comme la résultante des phénomènes chimiques qui se passent dans ses tissus, et non comme la conséquence d'une adaptation à la fécondation par les insectes.

Dans la seconde partie de sa thèse M. Curtel justifia, en quelque sorte, les conclusions qu'il venait de formuler, en comparant les plantes qui croissaient d'une part au soleil et de l'autre à l'ombre, et décrivit soigneusement la morphologie interne et externe des fleurs développées dans ces conditions différentes d'éclairement.

Je me suis proposé, dans le présent travail, de pousser à leur extrême limite les expériences commencées par M. Curtel.

J'ai donc étudié d'une façon comparative l'influence exercée par la lumière solaire et l'obscurité complète sur le développement, la forme et la structure de la fleur.

En faisant cette étude, j'ai poursuivi un but multiple : j'ai d'abord voulu me rendre compte si l'opinion classique que l'on

(1) Gaston Bonnier ; *Les Nectaires* (*Ann. des Sc. Nat. Bot.*, 1879).

(2) Plateau, *Comment les fleurs attirent les insectes*. (*Mém. Soc. Roy. Bot. de Belgique*, 1897).

(3) G. Curtel, *Recherches physiologiques sur la fleur*. (*Thèse de doctorat ès sciences*. — Paris, 1898).

trouve dans les Traités de Botanique les plus autorisés, à savoir que la couleur des fleurs développées à l'obscurité n'était nullement atténuée, était réellement exacte. Ce fait admis, notamment à la suite des expériences de Sachs et de M. Flahault, m'avait toujours paru extraordinaire. J'ai voulu vérifier également si les fleurs développées à l'obscurité ne subissaient aucune réduction de leurs dimensions, autre fait admis à la suite des expériences de Sachs et Askenasy. Il était très intéressant ensuite de voir dans quel sens s'accentuaient ou de quelle façon se transformaient, à l'obscurité, les modifications introduites par l'emploi de la lumière diffuse, dans le développement des fleurs en général et leur structure anatomique, modifications observées par M. Curtel. Et cela était d'autant plus intéressant que, si l'emploi de l'obscurité accentuait les modifications observées à la lumière diffuse, cela me permettait de confirmer et de généraliser la théorie émise par M. Curtel au sujet du rôle nouveau qu'il attribue au périanthe de la fleur, au sujet de la coloration de cet organe, au sujet de la cause à laquelle il faut rattacher tous les phénomènes observés.

Mon travail se divise en trois chapitres principaux : le premier, intitulé « *Développement des fleurs à la lumière diffuse* », est constitué surtout par une analyse détaillée du travail de M. Curtel et de ses expériences à la lumière diffuse. Il forme l'avant-propos, l'introduction nécessaire du deuxième chapitre.

Le deuxième chapitre, intitulé « *Développement des fleurs à l'obscurité* », se subdivise en deux parties : la première, traitant de la morphologie externe, renferme d'abord l'historique complet de la question et l'exposé des recherches antérieures, qui n'ont porté que sur quelques points de la morphologie externe des fleurs. Elle contient ensuite le détail de mes nombreuses expériences, ainsi que l'indication des variations d'époques de floraison, les modifications de couleur, de structure extérieure, de poids et de volume des fleurs, suivant que ces mêmes fleurs se sont développées à la lumière du jour ou à l'obscurité ; la deuxième traite de la morphologie interne de ces

fleurs, c'est-à-dire des différences anatomiques qui s'observent dans leurs diverses parties : pédicelle, calice, corolle, androcée et gynécée.

Je termine chacune des deux parties de ce chapitre par l'exposition des conclusions générales auxquelles je suis arrivé, puis j'aborde le troisième chapitre, qui n'est constitué que par la mise au point de certains faits touchant la morphologie externe des fleurs développées à l'obscurité, faits admis sans conteste jusqu'ici et que j'ai reconnus inexacts, et par l'interprétation qu'il convient de donner aux conclusions générales que j'ai formulées dans le deuxième chapitre.

Les principaux résultats de mes expériences ont été présentés à l'Académie des Sciences, dans la séance du 18 mars 1901.

Je suis heureux de pouvoir dédier ce modeste travail à M. A. Maige, Professeur de Botanique à l'Ecole Supérieure des Sciences d'Alger, qui m'a inspiré le sujet de ces recherches, et dont les excellents renseignements et les conseils précieux ne m'ont jamais fait défaut. Qu'il veuille donc bien accepter cette dédicace, non seulement comme un hommage bien sincère de ma vive reconnaissance, mais encore comme un témoignage de ma sympathique amitié.

Je prie également Monsieur L. Courchet, Professeur de Botanique à l'Ecole Supérieure de Pharmacie de Montpellier, qui a bien voulu accepter la présidence de cette thèse, d'agréer l'expression de ma respectueuse gratitude.

En terminant aujourd'hui mes études pharmaceutiques par l'obtention du diplôme de Pharmacien Supérieur de 1re Classe, c'est pour moi un devoir bien doux et bien agréable de prier Monsieur Jeanmaire, Recteur de l'Académie d'Alger, et Monsieur le Docteur Bruch, Directeur de l'Ecole de Médecine et de Pharmacie d'Alger, toujours si bienveillants, ainsi que mes Savants Maîtres de cette même Ecole, où se sont faites toutes

mes études, d'accepter la dédicace de ce travail comme un témoignage bien faible de ma profonde et respectueuse reconnaissance. Que MM. Battandier, Malosse et Hérail, en particulier, veuillent bien, en outre, le considérer, non seulement comme un hommage bien sincère rendu à leur enseignement savant et dévoué, mais aussi comme un témoignage de ma vive sympathie.

CHAPITRE PREMIER

Développement des fleurs à la lumière diffuse, autrement dit à l'ombre.

A. — Morphologie externe

M. Vœchting a étudié le premier, en 1893 (1), le développement des fleurs à la lumière diffuse, et a constaté qu'il en résultait des modifications importantes chez ces fleurs. En opérant sur le *Mimulus Tilingi*, il a montré que l'appareil floral se réduisait au fur et à mesure que l'éclairement diminuait, et qu'au-dessous d'un certain minimum la plante restait stérile.

Ce minimum d'éclairement est d'ailleurs très variable suivant que les espèces sont ombreuses ou ensoleillées. C'est ainsi qu'*Impatiens parviflora* peut fleurir à un éclairement qui permet à peine l'apparition des boutons floraux chez *Malva vulgaris*. Celle-ci, en effet, est une plante héliophile, la première est ombrophile. Toute l'activité de la plante est alors employée à la production d'un feuillage surabondant : les organes végétatifs prennent un développement considérable.

En recherchant l'action de la lumière sur les diverses parties qui constituent la fleur, l'auteur a observé qu'assez souvent la radiation agit uniformément sur toutes les parties de l'organe (*Mimulus*), que, dans certains cas, la corolle seule est modifiée,

(1) Vœchting, *Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung und Anlage des Blüthen.* (Pringsheim's Jahrb. Vol. XXV, 1893).

qu'enfin les organes sexués paraissent relativement moins sensibles à l'action de la lumière que les enveloppes florales. Chez certaines plantes (*Stellaria media*), on voit que, sous une lumière atténuée, la corolle ne s'ouvre pas, la fleur devient cléistogame, De même pour les *Lamium*.

Enfin l'action de la lumière dans la formation des fleurs zygomorphes est très manifeste d'après ce même auteur. C'est ainsi que, chez *Mimulus Tilingi*, la diminution de l'intensité lumineuse se traduit par la réduction de la lèvre supérieure de la corolle et chez *Tropæolum majus* par l'avortement des deux pétales supérieurs.

Les expériences de M. Curtel sont plus récentes et datent de 1898 (1). Voici comment il s'exprime au sujet du dispositif qu'il a utilisé.

« Sous une tonnelle de forme octogonale, ayant trois mètres de diamètre, j'ai placé une certaine quantité de terre formée d'un mélange de sable calcaire, terre argileuse et terreau. Dans un autre coin du même jardin, mais en plein soleil, le même sol avait été constitué. L'importance de la composition du sol, au point de vue de la dimension et de la coloration des fleurs, est trop connue des horticulteurs pour qu'il soit besoin d'insister.

» Cette tonnelle, supportée par huit montants, était ouverte à tous les vents, mais recouverte d'un toit blanchi intérieurement. Tout autour du toit de la tonnelle, j'avais placé un cercle en fil de fer, le long duquel coulissait, à l'aide d'anneaux, un rideau en toile cirée. La face noire de ce rideau était tournée vers l'extérieur, la face blanche vers l'intérieur. Grâce à ce rideau mobile que l'on déplaçait le long de sa tringle suivant la position du soleil, je pouvais protéger les plantes en expérience contre l'action solaire directe. J'évitais ainsi l'éclairage unilatéral qui peut déterminer dans la plante des irrégularités de structure. D'autre part, bien que l'intérieur de cette tonnelle fût protégé

(1) G. Curtel. *Recherches physiologiques sur la fleur.* — Thèse de Doctorat ès sciences. — Paris, 1898.

contre la lumière solaire directe, la température de l'air différait assez peu de la température extérieure. La face noircie de la toile cirée absorbait, en effet, beaucoup de chaleur, que la face intérieure blanchie rayonnait ainsi que la lumière sur les plantes mises en expérience.

» Celles-ci étaient arrosées tous les deux jours. Celles exposées en plein soleil l'étaient deux fois par jour, parfois trois. De cette façon, l'humidité du sol était de part et d'autre à peu près la même. L'aspect et la compacité du sol l'indiquaient suffisamment.

» Les plantes mises en expérience provenaient, les unes du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, les autres de semis de graines fournies par le Jardin Botanique de Dijon ou achetées au Jardin alpin de Genève.

» Les semis, faits sous chassis vitré, fournissaient des plantes parmi lesquelles on choisissait pour chaque espèce quatre exemplaires aussi semblables que possible. Deux étaient repiqués au soleil et deux autres sous la tonnelle.

» Enfin, comme certaines des plantes sur lesquelles j'expérimentais ne supportent pas ou supportent mal et difficilement la transplantation, les semis étaient pour elles faits dans des pots et ceux-ci n'étaient mis à l'ombre ou en plein soleil que lorsque les jeunes plants avaient leur première feuille bien développée.

» A ce propos, j'ajouterai qu'il est de toute importance, lorsqu'une observation doit porter sur des plantes élevées en pots, que, pour un même lot, le volume de chaque pot soit semblable, ainsi que la nature de la terre dont le pot est rempli ; qu'enfin, il est impossible de comparer une plante élevée en pot à une autre développée en pleine terre.

» Comme, ainsi que nous le disions tout à l'heure, les résultats obtenus dépendent et de la nature des plantes mises en expérience et de l'intensité de la lumière, j'ai pris des plantes aussi variées que possible : 28 espèces appartenant à 16 familles différentes.

» Enfin, j'ai essayé de déterminer par un procédé simple,

mais avec une approximation suffisante, les rapports d'intensité de la lumière dans les deux milieux où les plantes se développaient. Pour cela, je comparais le temps nécessaire pour obtenir une même teinte brun-chocolat sur deux morceaux de papier Lumière, au citrate d'argent, exposés simultanément, l'un à la hauteur des fleurs mises à l'ombre, l'autre à la hauteur des fleurs exposées au plein soleil. Ces rapports variaient avec l'heure de la journée, l'état du ciel. Par un beau temps, il fallait respectivement cinq minutes au soleil et trente minutes à l'ombre, pour obtenir la même intensité de ton sur les deux morceaux de papier servant de photomètre.

» Par un temps couvert, il fallait huit minutes et quarante minutes.

» En somme, l'intensité lumineuse sous la tonnelle était cinq à six fois moindre qu'en plein air. »

Après avoir ainsi décrit le dispositif de ses expériences, M. Curtel détaille ces dernières, qui ont porté sur 28 espèces appartenant à 16 familles différentes (Renonculacées, Papavéracées, Crucifères, Géraniacées, Malvacées, Légumineuses, Composées, Solanacées, etc.).

A la suite de ces expériences, M. Curtel a formulé des conclusions qui ont la plus grande analogie avec celles de M. Vœchting. Il a ainsi remarqué que, tant que l'éclairement dû à la lumière atténuée ne descend pas au-dessous d'un certain minimum qu'il appelle *minimum d'influence,* les différences avec les plantes venues au plein soleil sont à peu près nulles. A côté de ce minimum, au-dessous duquel on voit apparaître dans les fleurs des modifications plus ou moins importantes, il existe un second minimum plus faible, qu'il appelle *minimum de floraison*, au-dessous duquel la plante ne fleurit plus. Ce second minimum est comme le premier très variable, suivant que l'on s'adresse à une plante héliophile ou ombrophile.

Comme je l'indique plus loin, j'ai constaté pour certaines de mes expériences l'existence de ce minimum de floraison, mais il s'applique, non pas à une intensité lumineuse particulière,

puisque j'ai opéré à l'obscurité, mais au volume lui-même des boutons floraux.

Pour les plantes qui ne fleurissaient pas ou qui donnaient un nombre de fleurs insignifiant, M. Curtel a observé la très curieuse transformation des bourgeons floraux en feuilles et en rameaux comme chez l'*Escholtzia californica*, le *Meconopsis Cambrica*, le *Nemophila insignis*, et l'*Helianthus annus*.

Dans tous les cas de floraison, les plantes développées à la lumière diffuse avaient un retard plus ou moins considérable sur celles développées au soleil, et portaient un nombre de fleurs beaucoup plus réduit. De plus, ces fleurs avaient, dans le plus grand nombre de cas, un poids et un volume inférieurs à ceux des fleurs venues au soleil. Leurs pédoncules étaient plus longs et plus grêles. Je montrerai par mes expériences que ce phénomène n'est pas constant lorsqu'on opère à l'obscurité.

De plus, M. Curtel a observé des modifications plus ou moins importantes, des dimensions des diverses parties de la fleur, mais, dans tous les cas, c'était toujours la corolle qui était la plus modifiée et la plus réduite. Il n'a cependant pas constaté les cas de modifications profondes de la corolle des fleurs zygomorphes signalés par M. Vœchting, mais, comme lui, il a observé la cléistogamie pour le *Nicotiana Tabacum*. En outre, ce sont les organes reproducteurs qui ont toujours été les moins influencés par la diminution d'éclairement, mais toujours les fruits étaient moins nombreux et contenaient un moins grand nombre de graines, en général plus petites.

Enfin les fleurs venues à l'ombre étaient, dans la majorité des cas, moins colorées que celles venues au soleil, et, contrairement aux observations de M. Flahault (1), qui avait opéré dans l'obscurité, ce sont les fleurs à pigment jaune qui ont été le moins modifiées dans leur coloris par la lumière atténuée.

Toutes ces modifications peuvent, suivant les espèces et la

(1) Ch. Flahault ; *Développements des matières colorantes des fleurs* (Ann. des Sc. nat., 1880).

nature de la plante, apparaître toutes à la fois ou seulement en partie, et elles sont plus ou moins sensibles, mais elles n'ont d'autre cause qu'une réduction dans l'activité des fonctions de nutrition.

Nous verrons, par mes expériences à l'obscurité, comment il conviendra de généraliser les conclusions de M. Curtel, mais il est trois de ses observations que je tiens à relater entièrement à cause du dispositif particulier qu'il a utilisé et qui se rapproche légèrement du mien, ce sont celles relatives au *Brassica sativa* (Crucifères), au *Syringa vulgaris* (Oléacées) et à un *Cerisier*.

1° *Brassica sativa* (Crucifères).

J'enferme, dit-il, dans une sorte de chambre aux parois en toile cirée, mais ouverte par le hâut, un pied de chou portant des rameaux florifères. Certains de ces rameaux sortent librement par des ouvertures de la paroi et se développent au soleil. D'autres restent protégés par les parois de la boîte contre l'action de la lumière solaire directe.

» Les fleurs de ces derniers rameaux sont plus longues à apparaître. Leurs sépales sont verts, leurs pétales d'un jaune pâle.

» Les sépales des fleurs au soleil sont d'un jaune d'or et les pétales d'un beau jaune soufre. Les entre-nœuds qui séparent, sur la grappe qui les porte, les différentes fleurs, sont beaucoup plus longs à l'ombre. Pour un même nombre de fleurs, vingt-quatre par exemple, la région de la grappe qui les porte a onze centimètres à l'ombre, sept seulement au soleil. Enfin les pédoncules floraux sont, pour des fleurs ayant même rang sur l'axe de l'inflorescence, de un tiers en moyenne plus longs à l'ombre qu'au soleil.

» Quant au volume et au poids des fleurs, ils sont dans les deux cas très sensiblement les mêmes.

» *Conclusions.* — Des différences appréciables apparaissent donc entre les fleurs des *rameaux d'un même* pied, exposés les uns au plein soleil, les autres à l'ombre.

» Un retard dans la floraison, l'allongement des pédoncules et de l'axe de l'inflorescence, l'affaiblissement des couleurs du périanthe, sont les principales différences à signaler dans l'exemple choisi. »

2° *Syringa vulgaris*, (Oléacées)

» Dans une petite boîte en bois, ouverte d'un seul côté, j'ai fait pénétrer, le 20 Mars 1897, un rameau de Lilas terminé par une très courte inflorescence au début de son développement, car elle ne mesurait encore que 13 millimètres de long.

» Elle s'épanouit le 25 Avril, deux jours avant celle laissée en plein air. Ses fleurs étaient plus pâles, moins colorées que celles développées à la lumière, mais elles m'ont paru plus grandes. Trente-neuf de ces fleurs épanouies pesaient ensemble 1 gr. 350, tandis que trente-neuf fleurs développées en pleine lumière pesaient seulement 1 gr. 200. Les fleurs de l'inflorescence développée dans la boîte étaient moins nombreuses, leurs pédoncules plus longs. »

3° *Expérience sur un cerisier*

» Une autre expérience faite sur un cerisier m'a fourni des résultats analogues.

» Le 20 Mars 1897, j'enferme dans une sorte de boîte, formée d'une monture en fil de fer, supportant une toile cirée, l'extrémité d'un rameau de cerisier. Le 13 Avril, je pèse dix fleurs développées dans cette boîte et dix venues en plein air. Le poids total de ces dernières était 2 gr. 30 ; le poids de celles venues dans la boîte, 2 gr. 65 ; en outre, elles étaient plus larges, plus blanches. Leurs pédoncules, plus longs de 7 à 8 millimètres, étaient d'un vert très clair, alors que ceux des

fleurs venues en plein air étaient teintés de rose, ainsi que les bractées qui les entourent à la base.

» Il est assez facile de s'expliquer l'apparente contradiction de ces résultats avec ceux que nous avons obtenus dans les cas précédents. (1)

» Les mois de Mars et Avril furent très froids en 1897. De fortes gelées causèrent même en Avril de grands dommages aux arbres fruitiers.

» L'inflorescence du Lilas, le rameau de Cerisier bien protégés contre le froid et surtout le rayonnement nocturne pouvaient évidemment fleurir plus tôt que ceux laissés en plein air. D'autre part, la chaleur favorise en l'activant le développement des organes. De là, la différence de volume et de poids observée en faveur des fleurs développées à l'abri du froid. Mais, chose intéressante à noter, les autres différences, résultant de l'inégalité de l'éclairement, telles que : coloration moins vive, plus grand allongement des pédoncules, moindre abondance de fleurs à la lumière diffuse faible qu'au plein soleil, sont restées les mêmes malgré l'inégalité des températures. »

B. — Morphologie interne.

L'étude anatomique des fleurs développées à une lumière diffuse faible n'a été faite jusqu'ici que par M. Curtel et constitue le dernier chapitre de la thèse dont je viens d'indiquer les conclusions, se rapportant à la morphologie externe. Cette étude n'a été faite que sur un nombre assez restreint de fleurs semblables développées au soleil et à la lumière diffuse et pour certaines parties de ces fleurs seulement. C'est ainsi que M. Curtel a examiné les différences de structure qui apparaissent dans les éléments suivants :

(1) Il s'agit de toutes les expériences qui ont servi de base à l'établissement du travail de M. Curtel autres que les trois que j'enregistre ici.

Pédoncules de.....	*Petunia nyctaginiflora* (Solanacées). *Borrago officinalis* (Borraginacées).
Calices de.....	*Campanula medium* (Campanulacées). *Nemophila insignis* (Hydrophyllacées). *Tropæolum majus* (Géraniacées).
Corolles de.....	*Helianthus annuus* (Composées). *Petunia nyctaginiflora* (Solanacées). *Borrago officinalis* (Borraginacées). *Adonis autumnalis* (Renonculacées). *Tropæolum majus* (Géraniacées).

A mon avis, cette étude comparative aurait pu être complétée par celle de l'anthère et celle de l'ovaire.

Quoi qu'il en soit, voici les conclusions formulées à ce sujet par M. Curtel.

« Au point de vue de la structure, les différences existant entre le pédoncule, le calice et la corolle d'une même espèce, développés les uns à l'ombre, les autres en plein soleil, peuvent se résumer ainsi :

» Au soleil, les cellules épidermiques sont souvent plus hautes et la cuticule presque toujours plus épaisse.

» Le parenchyme en palissade, lorsqu'il existe, comme dans certains pédoncules, peut faire défaut à l'ombre (exemple Bourrache). Quant au parenchyme, qui compose la plus grande partie de ces organes, il est toujours très développé et ses cellules plus volumineuses au soleil qu'à l'ombre.

» Le tissu conducteur est toujours plus développé au soleil; les vaisseaux plus nombreux, plus larges. Enfin, lorsqu'ils existent, les canaux sécréteurs sont plus gros et plus nombreux au soleil.

» En résumé, dans toutes ces parties, pédoncule, calice, corolle, la fleur développée au soleil est, au point de vue de la structure interne, plus vigoureuse qu'à l'ombre. Ses tissus sont mieux et plus complètement différenciés. »

Nous verrons, à la suite de mes expériences sur le développement des fleurs à l'obscurité, comment certaines de ces conclusions doivent être modifiées.

CHAPITRE II

Développement des fleurs à l'obscurité

A. — MORPHOLOGIE EXTERNE

I. — Historique

Avant de faire l'exposé de mes expériences, je rappellerai les travaux antérieurs sur cette question.

Sennebier (1) le premier a montré depuis longtemps que les fleurs peuvent se former à l'obscurité.

Sachs (2) a prouvé à son tour la possibilité du phénomène et en a donné l'explication. D'après lui, le développement des feuilles florales est indépendant de l'influence directe des radiations lumineuses. Pourvu qu'une nourriture suffisante ne cesse pas de lui parvenir, la fleur naît et se développe à l'obscurité comme en pleine lumière. Elle y prend la même forme, la même couleur, la même dimension; elle y produit du pollen et des ovules bien conformés. La seule différence, et elle est sans importance, c'est que les sépales et les carpelles, s'ils sont normalement verts, demeurent alors incolores ou jaunâtres. Sachs dit en outre que la condition de nutrition dont il vient de parler peut être remplie de deux manières différentes. Si la plante s'est constituée au préalable une réserve nutritive suffisante pour le développement de ses fleurs, elle pourra être placée tout entière à l'obscurité. Il est indifférent d'ailleurs que la réserve

(1) Sennebier, *Mémoires physico-chimiques*, 1792.

(2) Sachs, *Bot. Zeitung*, 1863 et 1865. — *Physiologie végétale*, 1868.

soit accumulée dans une tige tuberculeuse, comme dans l'*Iris* et le *Safran*, dans une racine tuberculeuse, comme dans les *Orchis*, ou dans les feuilles épaissies d'un bulbe, comme dans la *Tulipe* et la *Jacinthe*. Si au contraire, le végétal au moment où il se dispose à fleurir, ne possède pas une pareille réserve, comme dans le *Haricot*, le *Tropæolum majus*, le *Curcubita pepo*, il faut, pour obtenir le plein développement de ses fleurs à l'obscurité, laisser à la lumière toute sa région feuillée et n'introduire dans la chambre obscure que le sommet de la tige ou des branches. Les fleurs acquièrent ainsi à l'obscurité leur développement normal, tout le reste de la plante étant à la lumière.

A contraire de Sachs, Hildebrandt (1) croit que la lumière agit de façon très variable selon les plantes, sur l'apparition des matières colorantes bleues et rouges.

A son tour, Askenasy (2) a repris les expériences de Sachs et a étudié dans diverses conditions d'éclairage une assez grande quantité de fleurs colorées. Ses observations montrent, dit-il, que certaines fleurs ont besoin de la lumière pour conserver la coloration normale, tandis que d'autres peuvent s'en passer. On ne sait pas encore sur quoi cette différence est fondée, et de nombreuses expériences seraient nécessaires pour porter la lumière dans des phénomènes de cette nature. Pour la décoloration des fleurs obtenues dans l'obscurité, on pourrait l'expliquer par une nutrition insuffisante si les végétaux expérimentés n'avaient pas renfermé dans leurs parties souterraines d'abondants réservoirs de matières nutritives ; même d'après la manière dont certaines des expériences ont été conduites, les jets dont les fleurs s'épanouissaient à l'obscurité communiquaient avec des jets qui fleurissaient à l'air libre d'où ils auraient pu recevoir les substances nécessaires à leur nutrition.

(1) Hildebrandt ; *Anat. Untersuchungen über die Farben des Blüthen*. Pringsheism Jahrb, Vol. III, 1863.

Die Farben der Blüthen, Leipzig, 1879:

(2) E. Askenasy ; *Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Farbe der Blüthen* Botanische Zeitung, 1876, nº 1 et 2.

D'autre part, d'après Askenasy, le développement des matières colorantes chez les fleurs est surtout en rapport avec la présence de réserves accumulées ou avec l'assimilation actuelle chez la plante.

C'est ce qu'il montra par l'expérience suivante : Il coupa des branches d'*Antirrhinum majus* et de *Digitalis purpurea* portant de jeunes boutons; ces rameaux furent entièrement privés de leurs feuilles et leur extrémité inférieure fut plongée dans l'eau. Les fleurs ainsi exposées à la lumière s'épanouirent, mais elles restèrent incolores.

Enfin, Askenasy conclut, à la suite d'expériences faites sur des Jacinthes, que, si les fleurs subissaient dans certains cas une assez grande décoloration à l'obscurité, par contre, elles conservaient leur forme et leur grandeur.

D'autre part, M. Flahault (1) dit qu'il a répété sur un grand nombre de plantes les expériences de Sachs et qu'il a obtenu les mêmes résultats. Voici comment il s'exprime à ce sujet :

« Si l'on choisit, par exemple, des variétés de Jacinthes (*Hyacynthus orientalis*) à fleurs très foncées, comme la variété rouge *Charlemagne*, les variétés bleues *Fleur parfaite* et *Prince Alexandre*, on ne trouve aucune différence dans l'éclat des fleurs épanouies à l'obscurité et à la lumière. Les unes comme les autres ont une coloration très intense, qui, pour les plantes développées à l'obscurité, tranche de la façon la plus remarquable sur la teinte blanchâtre des feuilles étiolées. M. Askenasy croit pourtant que les Jacinthes bleues demeurent plus pâles à l'obscurité qu'à la lumière ; l'expérience que je viens de citer et où j'ai eu soin de cultiver toujours les mêmes variétés à la lumière comme témoins, confirment pleinement le résultat obtenu par M. Sachs, quelle que soit la couleur des plantes observées. »

M. Flahault relate ensuite les expériences qui lui ont permis de conclure que la coloration des fleurs est corrélative de l'assi-

(1) Ch. Flahault. *Développement des matières colorantes des fleurs.* Ann. des Sc. nat., 1880.

milation actuelle de la plante ou de la présence de réserves nutritives, ainsi que l'avait démontré Askenasy.

« Si, au début de l'hiver, on enlève toutes les feuilles vertes que porte un rhizome de *Saxifraga ornata*, si on le place à l'obscurité en ne laissant que le bourgeon de l'année suivante, les feuilles de ce bourgeon, en se développant ensuite, sont complètement incolores et étiolées ; leur limbe est petit ; la hampe florale se développe, reste plus courte que dans les conditions normales ; les fleurs ont une teinte beaucoup plus pâle que celles qui se sont développées à la lumière. On pourrait croire que cette teinte pâle est le résultat de la privation de la lumière directe ; mais, pour démontrer qu'il n'en est pas ainsi, il suffit de séparer la hampe florale du reste de la plante par une cloison opaque qui lui permet de se développer à la lumière, en laissant tout le reste de la plante à l'obscurité. Or, les fleurs développées dans ces conditions à la lumière, mais sans que les feuilles aient pu assimiler, ne sont pas plus colorées que lorsque la plante entière s'est développée à l'obscurité.

» Je crois pouvoir conclure de cette expérience que, si la fleur est plus pâle dans le *Saxifraga*, c'est parce que les matières en réserve ne sont pas en quantité suffisante pour en permettre le développement complet.

» La même expérience a donné les mêmes résultats avec *Hyacinthus romanus*, *H. provincialis*, *Pœonia tenuifolia*, *Iris Chamœiris*. Dans ces espèces, la plante développée à l'obscurité donne des fleurs moins colorées qu'à la lumière du soleil ; or, on remarquera que les bulbes ou les rhizomes de ces plantes sont beaucoup moins développés relativement que dans les *Tulipa*, *Crocus*, *Hyacinthus orientalis*, où la coloration est aussi vive à l'obscurité qu'à la lumière.

» Ces faits prouvent seulement que le développement des matières colorantes n'est pas soumis d'une façon directe à l'action de la lumière. »

M. Flahault a vérifié ensuite les expériences d'Askenasy sur

l'*Antirrhinum majus* et le *Digitalis purpurea* dont j'ai parlé plus haut, et ajoute :

« Les expériences suivantes démontrent, si je ne me trompe, que le développement des matières colorantes est en rapport avec l'assimilation actuelle ou avec la présence de réserves nutritives.

» Le 24 août 1879, je trouvai à Arjeploug (Laponie) un coteau exposé au midi, couvert d'un gazon très bas, formé d'un petit nombre d'espèces de plantes, parmi lesquelles le *Leontodon autumnalis* et le *Campanula rotundifolia* étaient de beaucoup les plus nombreux. J'enlevai soigneusement 30 plantes de chacune de ces deux espèces ; j'en replantai 15 après en avoir enlevé toutes les feuilles et en avoir retranché la plus grande partie de la tige souterraine, en ne laissant que les hampes florales couvertes de boutons et les jeunes racines ; quant aux 15 autres, je les replantai aussi, mais en leur laissant toutes leurs feuilles, leurs rhizomes complets, en ne retranchant que quelques racines, de façon qu'elles n'en possédassent pas plus que les premières.

» J'arrosai toutes les plantes après les avoir replantées ; toutes les conditions étaient ainsi les mêmes entre les deux lots de chaque espèce, sauf que l'un possédait des feuilles et des réserves, tandis que l'autre n'en possédait pas. Le 6 septembre, je revins à Arjeploug, le temps y avait toujours été beau pendant mon absence, je retrouvai mes plantes. Je les enlevai soigneusement. Toutes avaient épanoui leurs fleurs, mais les 15 pieds de *Leontodon* que j'avais privés de leurs feuilles et de leurs rhizomes présentaient une coloration jaune telle qu'elle est indiquée sur la planche 9 (*Leontodon, Paris*), tandis que les autres avaient une teinte orangée beaucoup plus vive. Les 15 plantes de Campanule privées de feuilles et de réserves avaient des fleurs colorées en bleu pâle, plus petites du reste que normalement ; les autres étaient colorées en bleu violet très intense (Pl. 9, *Campanula*, Arjeploug.)

» Je crois pouvoir conclure de ces expériences que réellement

la coloration des fleurs est corrélative de l'assimilation actuelle ou de la présence de réserves nutritives ».

Je citerai enfin une partie des expériences de M. le professeur L. Planchon (1) sur l'ouverture des fleurs de l'*Œnothera Lamarckiana Ser.* Il constata que sur des plants de cette Œnothere en pleine période de floraison, descendus dans une cave obscure, l'activité végétative subissait un ralentissement très marqué. Les fleurs devenaient plus rares, s'ouvraient mal et beaucoup plus lentement qu'à la lumière. En même temps, la couleur jaune de la corolle s'affaiblissait considérablement, la couleur rouge du calice et les ponctuations rouges de l'ovaire disparaissaient même complètement.

Ainsi donc, je résumerai cet historique de la morphologie externe des fleurs développées à l'obscurité en disant que :

1° La coloration des fleurs est sous la dépendance de l'assimilation actuelle des organes végétatifs de la plante ou de la présence de réserves nutritives dans cette plante, d'après Askenasy et M. Flahault.

2° Pourvu qu'une de ces deux conditions soit réalisée, la plante peut fleurir à l'obscurité d'après Sachs, Askenasy et M. Flahault.

3° La couleur des fleurs développées à l'obscurité est la même que celle des mêmes fleurs venues à la lumière directe, d'après Sachs et M. Flahault, tandis que d'après Hildebrandt et Askenasy les couleurs bleue et rouge notamment, subissent une diminution d'intensité assez sensible. Enfin, d'après M. L. Planchon, l'obscurité atténuerait beaucoup la couleur jaune et ferait disparaître complètement la couleur rouge.

4° La forme et les dimensions des fleurs venues à l'obscurité ne subissent aucune réduction d'après Sachs et Askenasy.

Nous verrons, à la suite de mes expériences, les restrictions que comportent les paragraphes 2°, 3° et 4° ci-dessus.

(1) L. Planchon. — *Observations et expériences sur l'ouverture des fleurs de l'Œnothera Lamarckiana*, Ser. (Bulletin de la Société Botanique de France. t. XLIII, 13 novembre 1896).

II. — DISPOSITION DE MES EXPÉRIENCES

Voici comment j'ai disposé mes expériences. J'ai fait au préalable confectionner une trentaine de boîtes en bois, à section carrée, munies d'un couvercle, et ayant respectivement les dimensions suivantes :

Boîte.....	Hauteur intérieure	0 mètre 20.
	Longueur —	0 m. 15.
	Largeur —	0 m. 15.
	Epaisseur de la paroi	0 m. 01.
Couvercle.....	Hauteur intérieure	0 mètre 03.
	Longueur —	0 m. 17.
	Largeur —	0 m. 17.
	Epaisseur de la paroi	0 m. 01.

La boîte avait la paroi inférieure percée d'un trou circulaire de $0^{m},03$ de diamètre; les parois intérieures de la boîte et du couvercle étaient enduites d'une peinture noire très foncée, et le couvercle emboîtait exactement la boîte sur une longueur de 3 centimètres.

J'ai fait en même temps confectionner une centaine de piquets en bois, de 1 mètre de longueur et de section carrée, ayant $0^{m},02$ de côté, lesquels, étant diminués de longueur ou ajustés bout à bout, et cloués par 2 ou 3 sur les parois externes de la boîte permettaient de la maintenir au-dessus du sol à telle hauteur et dans telle position que je le désirais.

Voici maintenant comment je disposais mon expérience avec l'une de ces boîtes : Sur la plante que je voulais expérimenter, je choisissais deux branches voisines, autant que possible comparables, possédant à leur extrémité un ou plusieurs boutons floraux très petits et offrant extérieurement le même état de développement. J'introduisais l'extrémité de l'une de ces branches avec ses boutons dans la boîte par le trou de la paroi inférieure, puis, ce trou était hermétiquement fermé à l'aide d'un

gros tampon de coton, et la boîte était fixée à la hauteur de cette branche et sans la faire dévier de sa direction primitive naturelle, à l'aide de piquets cloués sur sa paroi externe et implantés dans le sol. Quant à la branche voisine, elle me servait de témoin et pouvait développer librement ses boutons floraux à la lumière.

Dans certaines expériences, le développement en longueur de l'extrémité du rameau choisi était si intense dans la boîte, que j'ai dû mettre une deuxième boîte superposée à la première, après avoir mastiqué hermétiquement la section de contact des deux boîtes.

La boîte ainsi placée, il ne me restait plus qu'à observer les différentes phases de la floraison sur chacun des rameaux que

Fig. 1.— Une boîte en expérience sur un végétal en floraison.

j'avais choisis et qui me donnaient, d'une part, des fleurs se développant au plein soleil et, d'autre part, des fleurs de la même plante, appartenant à une branche aussi voisine et aussi comparable que possible à la première, mais se développant à l'obscurité complète.

Le dessin ci-contre représente une de ces boîtes en expérience sur un végétal en floraison.

Mes expériences ont été faites en partie dans le jardin particulier de M. Jeanmaire, Recteur de l'Académie d'Alger, qu'il avait mis obligeamment à ma disposition, et en partie dans le Jardin Botanique de l'Ecole Supérieure des Sciences d'Alger, dont M. le professeur Maige m'avait permis de disposer entièrement. Je suis trop heureux de pouvoir, à ce sujet, exprimer ici à M. Jeanmaire et à M. Maige, avec tous mes remerciements, ma bien sincère reconnaissance.

J'ai commencé mes expériences au mois de novembre 1900 et je les ai terminées au mois de juin 1901.

On voit donc qu'il m'a été permis d'opérer à des époques de l'année où les conditions climatériques sont essentiellement différentes et sur des fleurs particulières à chacune de ces différentes époques. Cela ne pourra donner, il me semble, que plus de poids aux conclusions que je serai amené à formuler.

Je dois ajouter que j'ai été exceptionnellement favorisé par le climat d'Alger à cause de la possibilité d'opérer, même au cœur de l'hiver.

Enfin mes expériences ont porté sur 36 espèces appartenant à 23 familles différentes.

J'avais soin de suivre très méticuleusement la marche de la floraison, en venant voir chaque jour ce qui se passait à l'intérieur de mes boîtes. Enfin, pour éviter toutes les erreurs dues à l'âge de la fleur qui peut souvent en modifier profondément la couleur, je ne recueillais mes fleurs que complètement épanouies, à l'âge adulte, autrement dit à l'époque de l'anthèse, c'est-à-dire au moment où les anthères s'ouvrent pour mettre le pollen en liberté.

Je m'empresse d'ajouter que toutes les mesures (dimensions, poids, volumes) que je donne dans les tableaux qui vont suivre, ne se rapportent pas à une seule fleur, mais représentent des moyennes obtenues à l'aide de plusieurs fleurs. Les volumes ont été obtenus en plongeant complètement les fleurs dans

une burette graduée, contenant de l'alcool à 95° et en calculant la différence des deux niveaux successifs de l'alcool dans la burette. Enfin le mot *floraison* s'applique à l'apparition de la première ou des premières fleurs sur les rameaux en expérience.

III. — DÉTAIL DE MES EXPÉRIENCES

Voici le détail de mes expériences, qui ont porté sur 36 espèces appartenant à 23 familles différentes, savoir :

Liliacées	*Aloe arborescens.*
	Jacinthe violette, «*Sir Wiliam Mansfield.*»
	Jacinthe rouge, (*non déterminée*).
Iridacées	*Iris stylosa.*
Orchidacées	*Ophrys fusca.*
	Ophrys variété à fleur noire.
	Ophrys variété à fleur bleue.
Musacées	*Strelitzia Reginæ.*
Nyctaginacées	*Bougainvillea brasiliensis.*
Caryophyllacées	*Dianthus sinensis.*
Ficoïdes	*Mesembryanthemum edule.*
Malvacées	*Lavatera* non déterminé.
	Abutilon striata.
	Abutilon (strié non déterminé).
	Hibicus grandiflorus.
	Hibicus molis.
Géraniacées	*Pelargonium zonale.*
Oxalidacées	*Oxalis cernua.*
Lythracées	*Cuphea eminens.*
Rosacées	*Rose thé, variété Anna Olivier.*
Légumineuses	*Genista iberica.*
	Sophora secundiflora.
Borraginacées	*Héliotropium peruvianum.*
Solanacées	*Solanum japonicum.*
	Datura arborescens.
Scrophulariacées	*Antirrhinum majus.*
Bignoniacées	*Tecoma capensis.*
Acanthacées	*Justicia acanthiflora.*

Labiées	*Lavandula dentata.*
	Salvia graami.
	Teucrium fructicans.
Oléacées	*Jasminum revolutum.*
Apocynacées	*Vinca major.*
Composées	*Anthemis*, variété *Comtesse de Chambord.*
	Osteospermum moniliferum.
Lobéliacées	*Siphocampylus bicolor.*

LILIACÉES

Aloe Arborescens

Mise en expérience, le 2 Janvier 1901, de deux hampes florales dont les grappes, complètement closes, avaient la forme d'un cône aux dimensions suivantes : longueur 8 centimètres, largeur moyenne 18 millimètres.

Les résultats ont été les suivants :

			SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison			24 Février 1901	25 Février 1901
Couleur	Fleur	Périanthe, verticille externe	rouge vif	blanc
		Périanthe, verticille interne	blanc rosé	blanc
		Etamines (filet)	jaune	jaune très pâle
	Pédicelle floral		rouge vif	blanc
Forme				normale
Dimensions	Fleur	Périanthe, chaque foliole — Longueur	35 millim.	34 millim.
		Périanthe, chaque foliole — Largeur moyenne	7 mm.	6 mm.
		Etamines, verticille des plus longues, longueur	40 mm.	38 mm.
	Pédicelle floral	Longueur	25 mm.	30 mm.
		Diamètre	2 mm.	1 mm. 5
Poids.— Une fleur et son pédicelle			0 gr. 773	0 gr. 601
Volume.— Une fleur et son pédicelle			0 cent. c. 76	0 c. c. 61

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; fleurs complètement décolorées pour la couleur rouge, décoloration moins sensible pour la couleur jaune ; forme non modifiée ;

dimensions moindres qu'au soleil, sauf pour les pédicelles, qui sont plus longs ; poids et volume de ces fleurs, y compris les pédicelles, plus faibles à l'obscurité.

La figure ci-dessous représente deux fleurs d'*Aloe arborescens*, l'une L développée au plein soleil, l'autre O développée à l'obscurité.

Fig. 2. — Fleurs d'*Aloe arborescens* développées, l'une L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

Recoloration à la lumière des fleurs décolorées par l'obscurité.

Ayant obtenu dans cette expérience, à l'aide de l'obscurité, des fleurs complètement blanches, j'eus l'idée de tenter la recoloration de ces fleurs en découvrant entièrement la boîte où se trouvait enfermée la grappe qui les portait. L'exposition de ces fleurs à la lumière du jour complète commença donc le 5 mars, et le 11 mars, jour où je mis fin à l'expérience, j'avais obtenu les résultats suivants :

La fleur de cet *Aloe*, formant avec son pédicelle une sorte de courbe à concavité inférieure, s'éloignant de la hampe verticale, toute la partie supérieure du verticille externe du périanthe était devenue rose pâle et ses nervures rouge foncé, et il en

était de même pour les portions de pétales du verticille interne qui pouvaient se faire jour sur cette face supérieure. La partie supérieure convexe du pédicelle était devenue également rouge foncé. Quant aux portions inférieures concaves de la fleur et du pédicelle qui regardaient les parois intérieures noircies de la boîte, elles étaient restées complètement blanches.

Enfin la couleur jaune très pâle du filet des étamines avait légèrement foncé sur la partie supérieure du filet dépassant le périanthe.

Cette expérience, que j'interpréterai plus longuement à propos des conclusions générales de ce travail, me permet déjà de conclure que :

1° L'assimilation actuelle est devenue plus active chez la fleur, puisque j'ai pu obtenir sa recoloration partielle. Cette conclusion est conforme d'ailleurs aux résultats des expériences de MM. Askenasy et Flahault, relatées plus haut ;

2° La lumière directe est un facteur nécessaire de l'assimilation actuelle chez la fleur et de sa coloration.

D'autres expériences semblables, que je relaterai à leur place, m'ont confirmé dans cette manière de voir.

Jacinthe bleue, variété « sir William Mansfield. — Jacinthe rouge, variété non déterminée.

M. Flahault (1) dit, dans le mémoire que j'ai analysé plus haut, qu'il n'a pas observé de changement de couleur sur des fleurs de Jacinthes bleues et rouges développées à l'obscurité par comparaison avec les mêmes fleurs développées à la lumière. Il confirme donc les résultats de Sachs.

J'ai voulu renouveler cette expérience. J'ai donc acheté chez un horticulteur quatre bulbes de Jacinthes, deux de la variété bleue « *sir William Mansfield* » et deux d'une variété rouge non

(1) Ch. Flahault. *Développement des matières colorantes des fleurs*. Ann. des Sc. natur., 1880.

encore déterminée, mais que l'horticulteur m'a affirmé être semblables.

J'ai mis ces quatre bulbes en terre le 12 janvier 1901, et, dès l'apparition des premières feuilles, le 15 février, j'ai installé deux de mes boîtes, une sur un des bulbes de la variété bleue et l'autre sur un des bulbes de la variété rouge. Trois semaines après, pour les bulbes développés à la pleine lumière, et un mois après environ, pour les bulbes développés à l'obscurité, j'ai obtenu des fleurs bleues et rouges d'une intensité de coloration beaucoup plus pâle dans les boîtes.

Comme il est facile de m'objecter que je ne suis pas absolument sûr que l'horticulteur m'ait vendu pour chacune des couleurs bleue et rouge deux bulbes de la même variété, d'autant plus que la variété rouge n'était pas déterminée, je me suis contenté, dans cette expérience, de constater à l'obscurité une intensité de coloration moindre pour des sujets que je suppose semblables. D'autre part, j'ai mis en réserve des bulbes axillaires qui se sont développés sur chacun des quatre bulbes que j'ai achetés : je me propose ainsi de recommencer l'expérience avec ces jeunes bulbes de façon à opérer sûrement sur des bulbes issus de l'un des quatre premiers et appartenant, par conséquent, à la même variété. Je vérifierai ainsi pour le cas spécial des Jacinthes les opinions de Sachs et de M. Flahault, d'une part, Hildebrandt et Askenasy d'une autre.

IRIDACÉES

Iris stylosa

Mise en expérience le 20 décembre 1900 de plusieurs spathes ayant comme dimensions moyennes : longueur 13 millim.; largeur 5 millim.

Les résultats ont été les suivants :

				SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison				7 Janvier 1901	12 Janvier
Couleur	Périanthe			bleu violacé	bleu pâle
	Pédicelle			blanc verdâtre	blanc
Forme					normale
Dimensions	Périanthe	Verticelle externe	Longueur	85 millim.	80 millim.
			Largeur moyenne	29 mm.	27 mm.
		Verticelle interne	Longueur	88 mm.	85 mm.
			Largeur moyenne	26 mm.	25 mm.
	Pédicelle		Longueur laissée	20 mm.	20 mm.
			Diamètre	3 mm. 5	3 mm.
Poids — Fleur et longueur laissée du pédicelle				3 gr. 191	2 gr. 992
Volume — Fleur et longueur laissée du pédicelle				5 cent. c. 1	3 c. c. 7

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleur bleu violacé très atténuée, forme non modifiée, poids et volume un peu moindres qu'au soleil.

ORCHIDACÉES

Ophrys fusca

Mise en expérience le 5 février 1901. — Installation d'une boîte dès l'apparition des premières feuilles.

Les résultats ont été les suivants :

	SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison	3 Mars 1901	7 Mars
Couleur — Périanthe. — Verticille externe	vert foncé	vert très pâle
Couleur — Périanthe. — Verticille interne. — 2 pièces postérieures.	vert foncé	vert très pâle
Couleur — Périanthe. — Verticille interne. — Labelle	jaune orangé et tache cent. noire	jaune pâle et tache cent. grise
Couleur — Pédicelle formé par l'ovaire	vert foncé	blanc
Forme		un peu différente
Dimensions — Périanthe — Verticille externe — Foliole impaire postérieure — Longueur	8 mm. 5	9 mm.
Dimensions — Périanthe — Verticille externe — Foliole impaire postérieure — Largeur moyenne	7 mm.	5 mm. 5
Dimensions — Périanthe — Verticille externe — 2 Folioles antérieures — Longueur	10 mm. 5	11 mm. 5
Dimensions — Périanthe — Verticille externe — 2 Folioles antérieures — Largeur moyenne	6 mm. 5	6 mm.
Dimensions — Périanthe — Verticille interne — 2 Folioles postérieures — Longueur	5 mm. 5	6 mm.
Dimensions — Périanthe — Verticille interne — 2 Folioles postérieures — Largeur moyenne	3 mm.	2 mm. 5
Dimensions — Périanthe — Labelle — Longueur	16 mm.	18 mm.
Dimensions — Périanthe — Labelle — Largeur moyenne	14 mm.	15 mm.
Dimensions — Pédicelle formé par l'ovaire. — Longueur	15 mm.	13 mm. 5
Dimensions — Pédicelle formé par l'ovaire. — Diamètre	2 mm. 5	2 mm.
Poids. — Une fleur et son pédicelle	0 gr. 225	0 gr. 195
Volume. — Une fleur et son pédicelle	0 c. c. 10	0 c. c. 15

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive; couleurs vert foncé, jaune orangé, noire, très atténuées; forme modifiée seulement en ce qui concerne les dimensions, longueur et largeur, mais d'une façon très inégale, savoir : les six pièces du périanthe deviennent plus longues et moins larges, sauf le labelle, qui devient plus large; quant au pédicelle, il subit une réduction de ses deux dimensions ; poids plus faible, mais volume plus grand, dû surtout à l'augmentation de certaines dimensions.

Fig. 3. — Fleurs d'*Ophrys fusca* développées l'une L. à la pleine lumière; l'autre O. à l'obscurité.

La figure ci-dessus représente deux fleurs d'*Ophrys fusca*, l'une L développée au plein soleil, l'autre O développée à l'obscurité.

Remarque. — Deux autres expériences tentées sur des *Ophrys* à fleur noire et à fleur bleue ne m'ont pas donné de résultats.

MUSACÉES

Strelitzia Reginæ

Le 21 novembre 1900, j'ai mis en expérience deux hampes florales présentant les mêmes dimensions extérieures. La première fleur témoin s'est ouverte le 20 janvier 1901, et la première fleur venue à l'obscurité, le 11 février. Ces deux fleurs ne présentaient pas de différences bien sensibles comme dimensions, poids et volume, mais les couleurs jaune orangé des sépales et bleu lilas des pétales étaient bien moins intenses chez la fleur venue dans la boîte.

NYCTAGINACÉES

Bougainvillea brasiliensis

Mise en expérience, le 3 janvier, de deux inflorescences chez lesquelles les trois bractées, encore très petites, étaient à peine teintées de rose. L'inflorescence témoin s'est développée d'une façon normale, tandis que l'inflorescence enfermée à l'obscurité s'est étiolée et a péri au bout de quelques jours.

CARYOPHYLLACÉES

Dianthus sinensis

Le 12 mars, j'ai mis en expérience plusieurs inflorescences dont les boutons floraux avaient comme dimensions moyennes : longueur 6 millimètres, largeur 3 millimètres. Ces boutons se développaient très bien à la lumière et à l'obscurité lorsqu'un accident

vint brutalement mettre fin à l'expérience : tous les œillets du jardin furent arrachés au bout de quelques jours par le jardinier trop zélé. Ce fait est très regrettable.

FICOÏDES

Mesembryanthemum edule.

Mise en expérience, le 18 mars 1901, de deux boutons floraux présentant les dimensions suivantes : longueur 2 centimètres ; largeur 2 centimètres. Les résultats ont été les suivants :

				SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison				8 Avril	16 Avril
Couleur.	Périanthe.	Sépales		vert	vert clair
		Pétales		rose violacé	rose très clair
	Pédicelle floral			vert clair	blanc
Forme					normale
Dimensions.	Périanthe.	Sépales.	Longueur.	23 millim.	20 millim.
			Largeur moyenne.	12 mm.	10 mm.
		Pétales.	Longueur.	35 mm.	30 mm.
			Largeur moyenne.	4 mm.	3 mm.
	Pédicelle floral		Longueur.	25 mm.	50 mm.
			Diamètre.	10 mm.	9 mm.
Poids — Fleur et son pédicelle				11 gr. 12	9 gr. 96
Volume — Fleur et son pédicelle				13 cent. c.	10 cc.

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive; couleurs vert et rose violacé très atténuées; forme non modifiée; dimensions moindres qu'au soleil, sauf pour le pédicelle, qui est devenu plus long ; réduction plus grande pour la corolle que pour le calice ; poids et volume de cette fleur, y compris le pédicelle, plus faibles à l'obscurité.

MALVACÉES

Lavatera, variété non déterminée.

Le 3 janvier 1901, j'ai mis en expérience deux inflorescences de *Lavatera* d'une variété non déterminée. Les boutons laissés à la lumière ont continué à se développer, tandis que ceux placés à l'obscurité, qui avaient pour dimensions : longueur 9 millimètres, largeur 8 millimètres, n'ont pas tardé à se détacher du rameau, au bout de quelques jours, par leurs pédicelles. Néanmoins, ce rameau a continué de donner dans la boîte des feuilles blanchâtres à pétiole plus gros et plus long qu'à la lumière, mais à limbe plus réduit.

Cette Malvacée ne serait donc pas susceptible de fleurir à l'obscurité ou bien présenterait un minimum de floraison comme je l'ai observé sur d'autres plantes de la même famille.

Abutilon striata.

Le 4 février 1901, j'ai mis en expérience deux inflorescences portant chacune deux boutons ayant respectivement les dimensions suivantes :

1er bouton.	longueur	14 mm.
	largeur moyenne	11 mm.
2e bouton..	longueur	9 mm.
	largeur moyenne	7 mm.

Le 1er bouton seul a fleuri à l'obscurité et m'a donné les résultats ci-dessous ; quant au 2e, il s'est détaché avec son pédicelle du rameau de la boîte le 2 mars.

			SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison			21 Février	18 Février
Couleur	Fleur	Sépales	marron verdâtre	verts
		Pétales	rose grisâtre et nervures rouges	rose pâle et nervures roses
		Tube staminal	marron	jaunâtre
	Pédicelle floral		vert foncé	vert pâle
Forme				normale
Dimensions	Périanthe	Sépales. Largeur moyenne.	14 millim.	13 millim.
		Sépales. Longueur	8 mm.	6 mm.
		Pétales. Longueur	32 mm.	31 mm.
		Pétales. Largeur moyenne	27 mm.	23 mm.
	Pédicelle floral	Longueur	45 mm.	53 mm.
		Diamètre	0 mm. 7	0 mm. 7
Poids — Fleur et son pédicelle			0 gr. 775	0 gr. 592
Volume — Fleur et son pédicelle			0 c. c. 6	0 c. c. 8

Conclusions. — Cette Malvacée fleurit plus vite à l'obscurité mais présente un minimum de floraison en rapport avec un minimum de volume du bouton floral; les couleurs marron, vert, rose et rouge diminuent d'intensité dans la boîte; la forme de la fleur n'est pas modifiée, toutes ses dimensions sont réduites, sauf pour le pédicelle, qui est plus long qu'au soleil, réduction plus grande pour le calice que pour la corolle ; son poids est également plus faible, mais son volume est plus fort à cause de l'augmentation de longueur du pédicelle.

Abutilon, variété striata non déterminée.

J'ai refait, sur une autre variété d'*Abutilon striata* non déterminé, l'expérience précédente et j'ai obtenu les mêmes résultats, avec un minimum de floraison correspondant à un minimum de volume du bouton floral.

Hibiscus grandiflorus.

Le 20 décembre 1900, j'ai mis en expérience deux boutons floraux d'*Hibiscus grandiflorus* ayant les dimensions suivantes :

longueur 18 millim., largeur moyenne 9 millim., et j'ai obtenu les résultats suivants :

			SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison			16 Janvier 1901	8 Janvier 1901
Couleur	Fleur	Folioles de l'involucre	vert	vert clair
		Sépales	vert	vert clair
		Pétales	rouge vif	rose clair
		Tube staminal	rouge	blanc rosé
	Pédicelle floral		vert foncé	vert pâle
Forme				normale
Dimensions	Fleur	Folioles de l'involucre — Longueur.	12 millim.	16 millim.
		Folioles de l'involucre — Largeur moyenne	2 mm. 5	2 mm.
		Sépales — Longueur.	19 mm.	22 mm.
		Sépales — Largeur moyenne	6 mm.	6 mm.
		Pétales — Longueur.	42 mm.	44 mm.
		Pétales — Largeur moyenne	26 mm.	26 mm.
	Pédicelle floral	Longueur.	28 mm.	45 mm.
		Diamètre.	1 mm. 5	1 mm. 5
Poids — Fleur et son pédicelle			2 gr. 032	1 gr. 761
Volume — Fleur et son pédicelle			2 cent. c. 5	1 c. c. 3

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus précoce, couleurs vert et rouge très atténuées ; forme non modifiée ; dimensions des différentes parties de la fleur et du pédicelle augmentées en longueur seulement ; réduction plus grande pour le calice que pour la corolle ; enfin poids et volume plus faibles qu'au soleil.

Hibiscus molis

Le 3 Janvier 1901, j'ai fait sur deux inflorescences *d'Hibiscus molis* une expérience semblable à la précédente. Les boutons floraux ayant pour dimensions : longueur 10 millimètres, largeur moyenne 5 millimètres, m'ont donné les résultats suivants : A l'obscurité, floraison plus précoce (21 Janvier dans la boîte, 25 Janvier au soleil) ; couleurs vert et rouge très atténuées ; forme

non modifiée ; dimensions plus petites en longueur seulement (à l'inverse de l'expérience ci-dessus) ; poids et volumes plus faibles.

GÉRANIACÉES

Pelargonium zonale

Mise en expérience, le 17 Décembre 1900, de deux inflorescences de *Pelargonium zonale* dont les dimensions moyennes des boutons floraux étaient les suivantes : longueur 8 millimètres, largeur moyenne 4 millimètres. Les résultats ont été les suivants :

				SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison				8 Janvier 1901	13 Janvier
Couleur	Périanthe	Sépales		vert foncé	vert pâle
		Pétales		rouge vif	rose pâle
	Pédicelle floral			vert	blanc
Forme					normale
Dimensions	Périanthe	Sépales	Longueur	8 millim.	8 millim.
			Largeur moyenne	3 mm.	3 mm.
		Pétales	Longueur	22 mm.	18 mm.
			Largeur moyenne	19 mm.	17 mm.
	Pédicelle floral		Longueur	18 mm.	23 mm.
			Diamètre	1 mm. 5	2 mm.
Poids — Fleur et son pédicelle				0 gr. 172	0 gr. 191
Volume — Fleur et son pédicelle				0 c. c. 22	0 c. c. 25

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleurs verte et rouge très atténuées ; forme non modifiée ; dimensions plus réduites pour les pétales, augmentées considérablement pour le pédicelle ; réduction de la corolle évidemment plus grande que celle du calice ; poids et volumes plus grands dus à l'augmentation des dimensions du pédicelle.

La figure ci-dessous représente deux fleurs de *Pelargonium*

zonale, l'une L développée au plein soleil, l'autre O développée à l'obscurité.

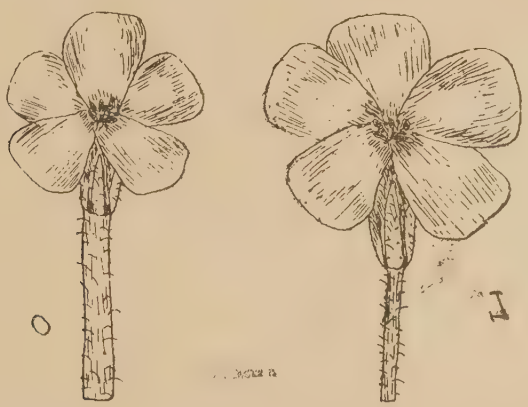

Fig. 4. — Fleurs de *Pelargonium zonale*, développées, l'une L, à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

OXALIDACÉES

Oxalis cernua

Mise en expérience, le 5 février 1901, de deux inflorescences composées chacune de 10 boutons floraux, ayant en moyenne les dimensions suivantes : longueur 5 millim.; largeur moyenne 2 millim.

Les résultats ont été les suivants :

	SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison	19 Février	21 Février
Couleur. Périanthe. Sépales	vert	vert pâle
Couleur. Périanthe. Pétales	jaune d'or	jaune pâle
Couleur. Pédicelle floral	vert	blanc
Forme		normale
Dimensions. Périanthe. Sépales. Longueur	8 mm.	6 mm.
Dimensions. Périanthe. Sépales. Largeur moyenne	1 mm. 5	1 mm. 4
Dimensions. Périanthe. Pétales. Longueur	24 mm.	19 mm.
Dimensions. Périanthe. Pétales. Largeur moyenne	12 mm.	10 mm.
Dimensions. Pédicelle floral. Longueur	17 mm.	35 mm.
Dimensions. Pédicelle floral. Diamètre	0 mm. 7	1 mm.
Poids. — Fleur et son pédicelle	0 gr. 088	0 gr. 095
Volume. — Fleur et son pédicelle	0 c. c. 10	0 c. c. 05

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleurs vert et jaune d'or très atténuées ; forme non modifiée ; dimensions du périanthe plus réduites ; augmentation considérable de celles du pédicelle ; réduction plus grande pour la corolle que pour le calice ; poids plus élevé dû à l'augmentation des dimensions du pédicelle ; volume plus faible.

La figure ci-dessous représente deux fleurs d'*Oxalis cernua*, l'une *L*, développée au plein soleil ; l'autre *O*, développée à l'obscurité.

Fig. 5. — Fleurs d'*Oxalis cernua* développées, l'une L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

LYTHRACÉES

Cuphea eminens

Une expérience commencée le 21 décembre 1900, avec de petits boutons floraux terminant deux inflorescences, m'a donné des résultats semblables à ceux qui précèdent, savoir : à l'obscurité, floraison plus tardive, couleur rouge-brun très atténuée, dimensions des pièces florales plus réduites et poids et volume plus faibles.

ROSACÉES

Rose thé, variété Anna Olivier

Le 19 décembre 1900, j'ai soumis à l'expérience deux boutons floraux de cette variété de rose, ayant comme dimensions :

longueur 22 millim., largeur moyenne 12 millim. A la lumière, l'un des boutons a fleuri le 2 janvier 1901, et l'autre, placé à l'obscurité, le 15 janvier seulement. La couleur rosée des pétales était devenue complètement blanche dans la boîte ; enfin, les dimensions, le poids et le volume de la fleur avaient subi également une assez grande réduction.

LÉGUMINEUSES

Genista iberica

Mise en expérience, le 20 mai 1901, de deux inflorescences ayant chacune 5 ou 6 boutons aux dimensions suivantes : longueur 8 millimètres, largeur moyenne 3 millimètres.

Leurs pédicelles avaient : longueur 1 millimètre, largeur 1/2 millimètre.

Les résultats ont été les suivants :

				SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison				5 Juin	8 Juin
Couleur.	Périanthe.	Sépales		vert	vert pâle
		Pétales		jaune d'or	jaune pâle
	Pédicelle floral			vert foncé	vert pâle
Forme					normale
Dimensions.	Corolle.	Etendard.	Longueur.	23 millim.	27 millim.
			Largeur moyenne.	24 mm.	22 mm.
		Ailes	Longueur.	20 mm.	22 mm.
			Largeur moyenne.	8 mm.	12 mm.
		Carène	Longueur.	23 mm.	24 mm.
			Largeur moyenne.	6 mm. 5	7 mm.
	Pédicelle floral		Longueur.	8 mm.	10 mm.
			Diamètre.	1 mm.	1 mm. 5
Poids — Fleur et son pédicelle				0 gr. 28	0 gr. 31
Volume — Fleur et son pédicelle				0 cent. c. 35	0 c. c. 45

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleurs vert et jaune d'or très affaiblies comme intensité, rayures noires de l'étendard deviennent grises ; forme non modifiée ; le

calice, très réduit et presque desséché sur les deux fleurs, n'a pas été mesuré ; les dimensions des différentes pièces de la corolle, ainsi que du pédicelle, subissent une augmentation, sauf pour l'étendard, qui diminue un peu de largeur ; poids et volume plus considérables à l'obscurité à cause de l'augmentation des dimensions de la corolle et du pédicelle.

Sophora secundiflora

Le 25 mars 1901, j'ai installé une expérience aux extrémités de deux branches de cette Papilionacée, mais les boutons floraux ont avorté, et je n'ai obtenu qu'un assez grand développement de feuilles décolorées et de dimensions plus réduites qu'à la lumière.

BORRAGINACÉES

Héliotropium peruvianum

Le 8 juillet 1901, j'ai mis en expérience deux inflorescences d'*Héliotropium peruvianum* ayant comme dimensions : longueur 3 millim., largeur moyenne 4 millim.

Les premières fleurs sont apparues le 10 février à la lumière et le 15 février à l'obscurité. Le 17 février, j'ai cueilli ces deux inflorescences en laissant à leur pédoncule principal une longueur de 1 centimètre ; elles comportaient alors : à la lumière 18 fleurs ouvertes et 27 boutons à divers états de développement, et à l'obscurité 5 fleurs ouvertes et 14 boutons à divers états de développement.

Les fleurs témoins avaient les sépales vert foncé et les pétales violets, quelques-uns lilas, tandis que les fleurs de la boîte avaient les sépales blancs légèrement teintés de vert et les pétales complètement blancs.

La forme des fleurs n'était pas modifiée.

Je n'ai pas observé de différence dans les dimensions des fleurs ouvertes, c'est-à-dire qu'elles avaient chacune, non compris leurs pédicelles : longueur 7 millim. diamètre supérieur de la corolle 8 millim.

Mais les deux inflorescences complètes, auxquelles j'avais laissé 1 centimètre de pédoncule principal, présentaient les dimensions suivantes : à la lumière, longueur tolale 24 millim., largeur $15^{mm}/28^{mm}$, et à l'obscurité, longueur totale 18 millim., largeur $11^{mm}/13^{mm}$.

Ces résultats différents sont en rapport évidemment avec le nombre de fleurs et de boutons que j'avais comptés sur chacune d'elles. Il en a été de même du poids et du volume, j'ai ainsi trouvé :

	Soleil	Obscurité
Poids — Inflorescence complète avec 1 centim. de pédoncule principal.....	0 gr. 26	0 gr. 09
Volume — Inflorescence complète avec 1 centim. de pédoncule principal.....	0 c. c. 6	0 c. c. 2

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; grande réduction du nombre de fleurs ; décoloration complète pour la couleur violette ; forme des fleurs non modifiée ; pas de réduction dans les dimensions particulières de chaque fleur, mais diminution importante dans les dimensions principales, le poids et le volume de chaque inflorescence.

Recoloration à la lumière des fleurs décolorées par l'obscurité.

Dans cette expérience, l'obscurité ayant décoloré complètement des fleurs qui sont violettes à la lumière, j'eus l'idée de tenter la recoloration de ces fleurs comme je l'avais fait pour l'*Aloe arborescens*.

A cet effet, j'installai sur le même pied d'*Héliotropium* une autre boîte le 25 février, dans laquelle j'obtenais le 9 mars des fleurs complètement blanches. Je découvris alors la boîte, et le 19 mars il ne restait plus que 2 fleurs (les deux autres s'étant

desséchées dans l'intervalle) qui avaient repris une légère teinte violette très sensible.

Il m'est donc permis de conclure, comme je l'ai fait à propos de l'*Aloe arborescens*, que :

1° L'assimilation actuelle est devenue plus active chez la fleur puisque j'ai pu obtenir sa recoloration partielle.

2° La lumière directe est un facteur nécessaire de l'assimilation actuelle chez la fleur et de sa coloration.

Je ferai remarquer que j'ai pu obtenir jusqu'ici la recoloration partielle des couleurs violette et rouge, correspondant aux portions les plus réfrangibles et les moins réfrangibles du spectre et qui avaient été le plus affectées par l'obscurité.

SOLANACÉES

Solanum Japonicum

Le 20 décembre 1900, j'ai mis en expérience plusieurs boutons floraux de *Solanum japonicum*, ayant les dimensions suivantes :

Longueur 7 millim., largeur moyenne 4 millim. J'ai obtenu les résultats suivants :

				SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison				28 Décembre	31 Décembre
Couleur	Périanthe	Calice		vert	vert pâle
		Corolle		violet et partie infér. blanche	bleu très clair
	Pédicelle floral			vert	vert pâle
Forme					normale
Dimensions	Corolle	Longueur totale non compris le pédicelle		14 millim.	9 millim.
		Diamètre supérieur		20 mm.	14 mm.
		Pétales	Longueur	14 mm.	9 mm.
			Largeur moyenne	6 mm.	5 mm.
	Pédicelle floral		Longueur	11 mm.	9 mm.
			Diamètre.	0 mm. 75	0 mm. 5
Poids — Fleur et son pédicelle				0 gr. 146	0 gr. 064
Volume — Fleur et son pédicelle				0 c. c. 42	0 c. c. 21

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleurs vert et violet très atténuées ; forme non modifiée ; dimensions de la fleur et du pédicelle, poids et volumes totaux, très réduits.

La figure ci-dessous représente deux fleurs de *Solanum japonicum*, l'une L développée au plein soleil, l'autre O développée à l'obscurité.

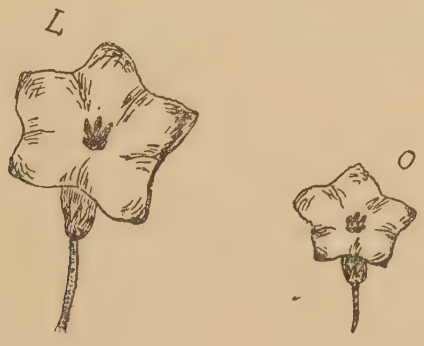

Fig. 6. — Fleurs de *Solanum japonicum* développées, l'une L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

Datura arborescens.

A la suite de quelques essais infructueux tentés sur des boutons floraux de *Datura arborescens* que j'avais choisis aussi petits que possible, j'ai installé simultanément, le 12 janvier 1901, plusieurs boîtes sur le même *Datura*, dans lesquelles j'enfermai des boutons très inégaux comme volume : c'est ainsi que les plus gros mesuraient 15 centimètres de longueur et 4 centimètres de largeur, et se rapportaient, par conséquent, à des fleurs voisines de leur complet épanouissement ; quant aux plus petits, leurs dimensions étaient les suivantes : longueur 5 millimètres, largeur moyenne 1 millimètre. J'avais enfin, entre ces deux extrêmes, des boutons de dimensions intermédiaires. Aucune de mes expériences ne réussit, tous ces boutons se détachèrent avec leurs pédicelles des rameaux auxquels ils appartenaient, à des

intervalles plus ou moins éloignés, et il ne resta dans les boîtes que des feuilles étiolées à limbe plus réduit qu'à la lumière.

Conclusions. — Je crois donc pouvoir conclure que cette Solanacée n'est pas susceptible de fleurir à l'obscurité, et qu'il n'existe pas pour elle de minimum de floraison en rapport avec un minimum de volume du bouton floral.

SCROPHULARIACÉES

Antirrhinum majus

Le 27 novembre 1900, j'ai mis en expérience plusieurs boutons floraux d'*Antirrhinum majus* ayant les dimensions suivantes : longueur 4 millimètres, largeur moyenne, 2 millimètres 5. Mais, au bout de quelques jours, tous ces boutons se desséchèrent, et il ne resta dans la boîte qu'une production assez abondante de feuilles étiolées.

Cette Scrophulariacée ne fleurirait donc pas à l'obscurité.

BIGNONIACÉES

Tecoma capensis.

Le 20 décembre 1900, j'ai mis en expérience un certain nombre de boutons floraux de *Tecoma capensis*, dont les dimensions, très réduites pour quelques-uns, se rapprochaient beaucoup de celles des fleurs sur le point de s'ouvrir pour d'autres. Mais, au bout de quelques jours, toute l'inflorescence se dessécha dans la boîte et se détacha, ainsi que les feuilles voisines, de l'axe principal.

Cette Bignoniacée ne peut donc pas fleurir à l'obscurité.

ACANTHACÉES

Justicia acanthiflora.

Le 2 janvier 1901, j'ai mis en expérience plusieurs boutons floraux de *Justicia acanthiflora*, ayant les dimensions suivantes : longueur 18 millim., largeur moyenne 5 millim, et j'ai obtenu les résultats suivants :

			SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison			6 Février	9 Février
Couleur.	Bractées		vert	vert pâle
	Sépales		vert	vert pâle
	Corolle		blanc teinté gris	blanche
	Anthères		marron	vert pâle
Forme				normale
Dimensions	Bractées	Longueur	16 mm.	15 mm.
		Largeur moyenne.	3 mm.	3 mm.
	Sépales	Longueur	10 mm.	9 mm.
		Largeur moyenne.	2 mm.	2 mm.
	Corolle	Longueur totale...	34 mm.	30 mm.
		Diamètre supérieur	18 mm.	14 mm.
Poids.— D'une fleur seule			0 gr. 358	0 gr. 272
Volume.— D'une fleur seule			0 c. c. 55	0 c. c. 32

Remarque. — Aucune donnée ne se rapporte au pédicelle floral, car ces fleurs sont sessiles.

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleurs verte et marron atténuées et couleur grise disparue ; forme non modifiée; dimensions réduites pour les longueurs, réduction plus grande pour la corolle que pour le calice; poids et volume plus faibles qu'à la pleine lumière.

LABIÉES.

Lavandula dentata.

Le 17 décembre 1900, j'ai mis en expérience deux cymes florales de *Lavandula dentata*, tout à fait au début de leur développement. Leurs dimensions étaient : longueur 16 millim.,

largeur moyenne 6 millim. Le 4 janvier 1901, le rameau à la lumière portait 3 fleurs bleues complètement ouvertes, 4 sur le point de s'ouvrir et plusieurs autres boutons moins avancés, tandis que le rameau à l'obscurité n'avait que 2 petites fleurs bleu pâle à demi fermées, de dimensions très restreintes et dépérissait d'une façon très visible ainsi que les feuilles placées avec lui dans la boîte.

J'ai donc coupé ces deux épis de fleurs en laissant au pédoncule principal une longueur de 5 millim. et j'ai constaté les résultats suivants :

	Soleil	Obscurité
Poids total de l'inflorescence	0 gr. 241	0 gr. 140
Volume —	0 c. c. 9	0 c. c. 3

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; fleurs moins nombreuses ; couleur bleue bien moins intense ; dimensions, poids et volume plus faibles qu'à la lumière.

Salvia graami.

Le 25 janvier 1901, mise en expérience de deux tiges de *Salvia graami* portant sur toute leur longueur un assez grand nombre de boutons floraux, mais au bout de quelques jours tous les boutons placés à l'obscurité dépérirent et se desséchèrent.

Cette Labiée ne peut donc pas fleurir à l'obscurité.

Teucrium fruticans.

Le 21 décembre 1900, j'ai mis en expérience plusieurs boutons floraux ayant comme dimensions : longueur 6 millim., largeur moyenne 4 millim., et j'ai obtenu les résultats suivants :

			SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison			16 Janvier 1901	19 Janvier
Couleur	Périanthe	Calice	blanc	blanc
		Corolle	Lilas teinté de blanc	blanche
	Pédicelle floral		blanc	blanc
Forme				normale
Dimensions	Sépales	Longueur	8 millim.	7 millim.
		Largeur moyenne	4 mm.	3 mm. 5
	Corolle — Lèvre inférieure	Longueur	26 mm.	22 mm.
		Largeur moyenne	14 mm.	11 mm.
	Etamines — Longueur moyenne		22 mm.	18 mm.
	Pédicelle floral	Longueur	5 mm.	4 mm.
		Diamètre	0 mm. 75	0 mm. 5
Poids — Fleur et son pédicelle			0 gr. 064	0 gr. 057
Volume — Fleur et son pédicelle			0 c. c. 12	0 c. c. 09

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleur lilas complètement disparue ; forme non modifiée ; dimensions du calice, de la corolle, des étamines et du pédicelle floral réduites ; réduction plus grande pour la corolle que pour le calice ; poids et volume de la fleur et de son pédicelle plus faibles qu'à la lumière.

La figure ci-dessous représente deux fleurs de *Teucrium fruticans*, l'une L développée au plein soleil, l'autre O développée à l'obscurité.

Fig. 7. — Fleurs de *Teucrium fruticans* développées, l'une L à a pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

OLÉACÉES

Jasminum revolutum

Le 12 mars 1901, j'ai mis en expérience deux inflorescences de *Jasminum revolutum* portant chacune de 10 à 15 boutons ayant comme dimensions : longueur 6 millim.; largeur moyenne 3 millim., et leurs pédicelles : longueur 6 millim., diamètre 1 millim. J'ai obtenu les résultats suivants :

				SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison				28 Avril	4 Mai
Couleur	Calice			vert foncé	vert pâle
	Corolle			jaune d'or	jaune pâle
	Etamines			jaune	jaune très pâle
	Pédicelle floral			vert foncé	blanc
Forme					normale
Dimensions	Périanthe	Sépales	Longueur	2 millim.	1 millim. 75
			Largeur moyenne	1 mm. 5	1 mm. 25
		Corolle	Tube — Longueur	16 mm.	14 mm.
			Tube — Largeur moyenne	2 mm	2 mm.
			Lobes — Longueur	12 mm.	11 mm.
			Lobes — Largeur moyenne	9 mm.	8 mm.
	Ovaire — Largeur moyenne			2 mm. 4	1 mm. 9
	Pédicelle floral		Longueur	17 mm.	22 mm.
			Diamètre	1 mm. 25	2 mm.
Poids — Fleur et son pédicelle				0 gr. 152	0 gr. 121
Volume — Fleur et son pédicelle				0 cent. c. 21	0 c. c. 18

Conclusions. — A l'obscurité floraison plus tardive ; couleurs vert foncé et jaune d'or très atténuées ; forme non modifiée ; réduction des dimensions des différentes parties de la fleur : calice, corolle et ovaire, et augmentation de celles du pédicelle ; réduction plus grande pour le calice que pour la corolle ; poids et volume d'une fleur et de son pédicelle plus faibles qu'à la lumière, malgré l'augmentation des dimensions du pédicelle.

Augmentation d'intensité à la lumière, de la couleur jaune pâle obtenue à l'obscurité

Ainsi que je l'avais fait pour la couleur rouge de l'*Aloe arborescens* et la couleur violette de l'*Heliotropium peruvianum*, j'ai essayé d'augmenter l'intensité de la couleur jaune pâle des fleurs du *Jasminum revolutum*, par une exposition suffisante à la pleine lumière de ces fleurs développées à l'obscurité. J'ai donc procédé comme je l'avais fait antérieurement, et j'ai pu obtenir une coloration d'un jaune plus intense, sans cependant arriver à la teinte jaune d'or des fleurs développées à la lumière complète.

Je conclurai donc, comme précédemment, que :

1° L'assimilation actuelle est devenue plus active chez la fleur puisque j'ai pu obtenir sa recoloration partielle ;

2° La lumière directe est un facteur nécessaire de l'assimilation actuelle chez la fleur et de sa coloration.

APOCYNACÉES

Vinca major

Le 13 avril 1901, j'ai placé une de mes boîtes à l'extrémité d'un rameau de *Vinca major* portant plusieurs boutons floraux de dimensions : longueur 7 millim.; largeur moyenne 2 millim. J'ai obtenu à l'obscurité, comme dans la plupart des expériences précédentes, une floraison plus tardive, une atténuation très sensible de la couleur bleu foncé de ces fleurs à la lumière, et enfin une réduction sensible des dimensions, du poids et du volume de ces fleurs.

COMPOSÉES.

Anthemis, variété Comtesse de Chambord.

Le 22 novembre 1900, j'ai mis en expérience deux lots de boutons floraux d'*Anthemis, variété Comtesse de Chambord* ayant les dimensions suivantes : pour le 1er lot, longueur 9 millim., largeur moyenne 7 millim.; pour le 2e lot, longueur 4 millim., largeur moyenne 3 millim.

A la lumière, le 1er lot a épanoui ses premières fleurs le 2 décembre 1900 et le 2e lot, le 28 décembre, tandis qu'à l'obscurité les fleurs du 1er lot ont commencé à s'ouvrir le 9 décembre, et celles du 2e lot se sont complètement desséchées.

Voici les résultats concernant les fleurs du 1er lot :

			SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison			2 Décembre	9 Décembre
Couleur	Fleurons centraux du capitule		jaune	jaune très pâle
	Demi-fleurons de la périphérie		blanche	blanche
Forme				normale
Dimensions	Demi-fleurons de la périphérie	Longueur	23 millim.	19 millim.
		Largeur moyenne	6 mm.	4 mm.
	Pédicelle floral	Longueur laissée à chaque pédicelle	40 mm.	40 mm.
		Diamètre	1 mm. 5	1 mm.
Poids — Capitule et longueur laissée du pédicelle			0 gr. 634	0 gr. 381
Volume — Capitule et longueur laissée du pédicelle			1 c. c. 4	0 c. c. 9

Conclusions. — A l'obscurité, floraison plus tardive avec un minimum de floraison en rapport avec un minimum de volume du bouton floral ; couleur jaune très atténuée ; forme non modifiée ; dimensions, poids et volume des capitules plus réduits qu'à la pleine lumière.

La figure ci-dessous représente deux $^1/_2$ fleurs d'*Anthemis*,

variété *Comtesse de Chambord*, vues par leur face supérieure, l'une L développée au plein soleil, l'autre O développée à l'obscurité.

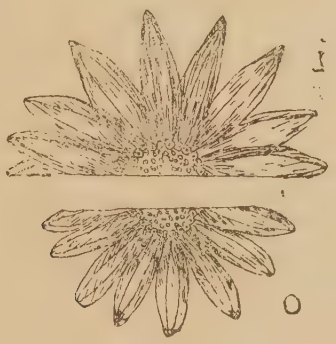

Fig. 8. — Fleurs d'*Anthemis* variété *Comtesse de Chambord*, développées l'une L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.
(La figure ne représente qu'une moitié de chacune des deux fleurs vues par leur face supérieure.

Osteospermum moniliferum

Le 21 décembre 1900, j'ai mis en expérience un certain nombre de boutons floraux d'*Osteospermum moniliferum*, dont les dimensions, très réduites pour quelques-uns, se rapprochaient beaucoup de celles des fleurs sur le point de s'ouvrir pour d'autres. Mais, au bout de quelques jours, toute l'inflorescence se dessécha dans la boîte et se détacha, ainsi que les feuilles voisines, de l'axe principal.

Cette Composée ne peut donc pas fleurir à l'obscurité.

LOBÉLIACÉES

Siphocampylus bicolor

Cette expérience, installée sur deux rameaux de *Siphocampylus bicolor*, le 5 janvier 1901, est une de celles qui m'ont le mieux réussi et qui m'ont donné les meilleurs résultats, en ce sens que j'ai obtenu la floraison à l'obscurité non seulement de boutons

floraux très petits (longueur 3 millim., largeur 1 millim. 5), mais encore de boutons qui n'existaient même pas à l'état de trace sur le rameau lors de la mise en boîte, et c'est à ces derniers boutons que se rapportent les résultats ci-dessous.

Aussi ai-je pu prolonger l'expérience pendant une durée de quatre mois.

Résultats obtenus :

				SOLEIL	OBSCURITÉ
Floraison				3 Mars 1901	10 Mars
Couleur	Calice			marron foncé	vert très pâle
	Corolle	Tube		rouge vif	blanche
		Lobes lancéolés		jaune orangé	jaune très pâle
	Tube staminal	Partie moyenne		rose clair	blanche
		Partie supérieure (anthères soudées)		rose avec rayures noires	blanche avec rayures vert pâle
	Pédicelle floral			vert	blanc
Forme					normale
Dimensions	Calice	Tube	Longueur	6 millim.	5 millim.
			Largeur moyen.	8 mm.	7 mm.
		Dents	Longueur	3 mm.	2 mm.
			Largeur moyen.	1 mm.	0 mm. 5
	Corolle	Tube	Longueur	26 mm.	21 mm.
			Largeur moyen.	7 mm.	6 mm.
		Lobes lancéolés	Longueur.	16 mm.	13 mm.
			Largeur moyenne	3 mm.	2 mm.
	Tube staminal	Longueur des anthères soudées		7 mm.	5 mm.
		Diamètre des anthères soudées		2 mm.	1 mm. 5
	Ovaire, largeur moyenne			6 mm. 8	5 mm. 8
	Pédicelle floral	Longueur		47 mm.	63 mm.
		Diamètre		0 mm. 75	1 mm.
Poids — Fleur et son pédicelle				0 gr. 325	0 gr. 284
Volume — Fleur et son pédicelle				0 c. c. 43	0 c. c. 33

Conclusions.— A l'obscurité, floraison plus tardive ; couleurs : noire, marron foncé et jaune orangé très atténuées ; verte, rose et rouge vif complètement disparues ; forme non modifiée ; dimensions des différentes parties de la fleur : calice, corolle, tube staminal, ovaire, très réduites ; réduction plus grande pour

la corolle que pour le calice ; dimensions du pédicelle floral considérablement augmentées ; poids et volume d'une fleur accompagnée de son pédicelle plus faibles qu'à la lumière, malgré l'augmentation des dimensions du pédicelle.

La figure ci-dessous représente deux fleurs de *Siphocampylus bicolor*, l'une L développée au plein soleil, l'autre O développée à l'obscurité.

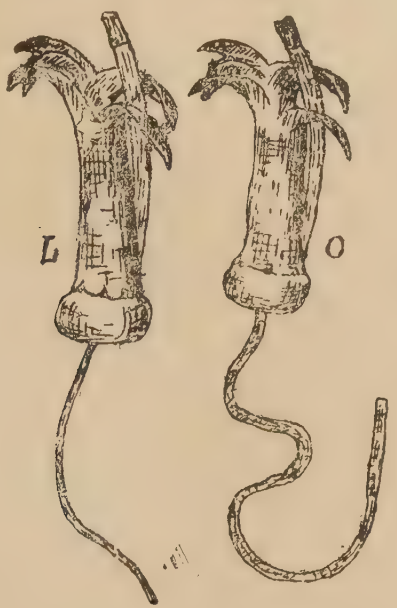

Fig. 9. — Fleurs de *Siphocampylus bicolor* développées, l'une L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

Recoloration à la lumière des fleurs décolorées à l'obscurité.

Comme je l'ai essayé pour l'*Aloe arborescens*, l'*Heliotropium peruvianum* et le *Jasminum revolutum*, j'ai pu obtenir sur les fleurs de *Siphocampylus bicolor* développées à l'obscurité, après une exposition suffisamment prolongée à la pleine lumière, une augmentation très sensible de l'intensité des couleurs marron, jaune orangé, verte, rose et rouge vif, qui avaient disparu en partie ou en totalité dans la boîte. Je puis donc conclure comme précédemment que :

1° L'assimilation actuelle est devenue plus active chez la fleur puisque j'ai pu obtenir sa recoloration partielle ;

2° La lumière directe est un facteur nécessaire de l'assimilation actuelle chez la fleur et de sa coloration.

IV. — CONCLUSIONS

A la suite de cette série de recherches sur le développement des fleurs à l'obscurité et sur les résultats qui en découlent, je formulerai les conclusions suivantes concernant la morphologie externe de ces fleurs :

1° Floraison

Comme je l'indique à propos de l'historique concernant ce chapitre de physiologie végétale, il résulterait des travaux de Sachs, d'Askenasy et de M. Flahault qu'une plante peut fleurir à l'obscurité pourvu qu'elle possède des réserves ou qu'une partie suffisante de son appareil végétatif reste exposée à la lumière.

Or, si ces conditions sont nécessaires, elles ne sont pas suffisantes.

J'ai constaté, en effet, que des plantes à réserves telles qu'une variété d'*Ophrys* à fleur noire et une autre variété à fleur bleue ne pouvaient pas fleurir à l'obscurité. Il en a été de même pour les espèces suivantes, dont une partie suffisante de l'appareil végétatif restait cependant exposée à la lumière : *Bougainvillea brasiliensis*, *Lavatera (variété non déterminée)*, *Sophora secundiflora*, *Datura arborescens*, *Antirrhinum majus*, *Tecoma capensis*, *Salvia graami* et *Osteospermum moniliferum*.

On ne peut pas dire, d'autre part, que les familles auxquelles appartiennent ces espèces ne peuvent pas fleurir à l'obscurité, car, si pour certaines de ces familles (*Nyctaginacées*, *Scrophulariacées* et *Bignoniacées*) mes expériences n'ont porté que sur une

espèce, pour toutes les autres familles, au contraire la floraison s'est produite pour des espèces différentes.

Cependant, pour certaines familles végétales, il existe des espèces qui fleurissent à l'obscurité quel que soit le volume du bouton floral mis en expérience et d'autres espèces qui ne fleurissent plus dès que le volume du bouton floral descend au-dessous d'un certain minimum. Ces familles comportent donc ce que j'appellerai un *minimum de floraison*.

J'ai constaté le fait sur l'*Abutilon striata*, un *Abutilon* (variété striée non déterminée) et l'*Anthemis, variété Comtesse de Chambord*.

Enfin, dans la grande majorité des cas, la floraison à l'obscurité est toujours possible.

Pour quelques cas, très rares, qui m'ont semblé limités à la famille des Malvacées, cette floraison est plus précoce qu'à la lumière, j'ai ainsi constaté une avance de 3 jours pour l'*Abutilon striata*, de 8 jours pour l'*Hibiscus grandiflorus* et de 4 jours pour l'*Hibiscus molis*. Mais dans le plus grand nombre des autres cas, cette floraison est plus tardive : j'ai ainsi constaté un retard de 1 jour pour l'*Aloe arborescens*, de 2 jours pour l'*Oxalis cernua*, de 3 jours pour le *Genista iberica*, le *Solanum japonicum*, le *Justicia acanthiflora* et le *Teucrium fruticans*, de 4 jours pour l'*Ophrys fusca*, de 5 jours pour l'*Iris stylosa*, le *Pelargonium zonale* et l'*Heliotropium peruvianum*, de 7 jours pour le *Jasminum revolutum*, l'*Anthemis variété Comtesse de Chambord* et le *Siphocampylus bicolor*, de 8 jours pour le *Mesembryanthemum edule*, de 13 jours pour la *Rose thé, variété Anna Oliveir*, et enfin de 22 jours pour le *Strelitzia Reginæ*.

Dans certains cas, j'ai remarqué que les fleurs formées étaient moins nombreuses, notamment à propos de l'*Heliotropium peruvianium* et du *Lavandula dentata*.

Je résumerai donc tout ce qui se rapporte à la floraison proprement dite des fleurs à l'obscurité, en disant :

1° En général, une plante peut fleurir à l'obscurité, pourvu qu'elle possède des réserves ou qu'une partie suffisante de son

appareil végétatif reste exposée à la lumière ; mais si l'une ou l'autre de ces deux conditions est nécessaire, elles ne sont pas suffisantes, car il est des cas où, malgré la réalisation de l'une d'entre elles, une plante ne fleurit pas ou bien se trouve sous la dépendance d'un minimum de floraison en rapport avec un minimum de volume de ses boutons floraux ;

2° Lorsque la floraison se produit à l'obscurité, elle est en général plus tardive, très rarement plus précoce qu'à la lumière, et les fleurs produites sont moins nombreuses.

2° Couleurs

a. — *Phénomènes de décoloration des fleurs développées à l'obscurité.*

D'après Sachs et M. Flahault, ainsi que je l'ai déjà indiqué dans l'historique, la couleur des fleurs développées à l'obscurité est la même que celle des mêmes fleurs venues à la lumière directe, tandis que, d'après Hildebrandt et Askenasy, les couleurs bleue et rouge, notamment, subiraient une diminution d'intensité assez sensible. Enfin, d'après M. L. Planchon, à la suite d'expériences faites sur l'*Œnothera Lamarckiana* Ser. l'obscurité atténuerait beaucoup la couleur jaune et ferait disparaître complètement la couleur rouge.

Or, mes expériences montrent que l'opinion des deux premiers expérimentateurs doit être absolument rejetée, et que les trois derniers n'ont aperçu qu'une partie des phénomènes qui se produisent.

En effet, j'ai constaté pour ces fleurs :

1° Pour la couleur *violette*, une diminution d'intensité très sensible chez le *Solanum japonicum*, et une décoloration complète chez l'*Heliotropium peruvianum ;*

2° Pour la couleur *bleu violacé*, un léger affaiblissement chez l'*Iris stylosa*, le *Strelitzia Reginæ* et le *Vinca major* ;

3° Pour la couleur *bleue*, une grande atténuation chez le *Lavandula dentata*, et une décoloration complète chez le *Teucrium fruticans* (ce dernier était bleu lilas);

4° Pour la couleur *jaune d'or* ou *jaune*, une intensité beaucoup moins forte chez l'*Aloe arborescens*, l'*Oxalis cernua*, le *Genista iberica*, le *Jasminum revolutum* et les fleurons de l'*Anthemis*, variété *Comtesse de Chambord* ;

5° Pour la couleur *jaune orangé*, même constatation sur l'*Ophrys fusca*, le *Strelitzia Reginæ* et le *Siphocampylus bicolor*.

6° Pour la couleur *rose* une atténuation très sensible chez le *Mesenbryanthemum edule* et l'*Abutilon striata* et une décoloration complète chez la *Rose thé, variété Anna Olivier*, et le *Siphocampylus bicolor*.

7° Pour la couleur *rouge, vif* une diminution très appréciable d'intensité chez *l'Abutilon striata*, *l'Hibiscus grandiflorus*, *l'Hibiscus molis*, le *Pelargonium zonale* et le *Cuphea eminens* (ce dernier était rouge brun), et enfin une décoloration complète chez *l'Aloe arborescens* et le *Siphocampylus bicolor*.

J'ajouterai, pour distinguer ce qui se rapporte à l'androcée et au gynécée, qu'à l'obscurité le filet jaune des étamines de *l'Aloe arborescens* était devenu jaune très pâle ; l'ovaire vert foncé d'*Ophrys fusca* était devenu blanc ; le tube staminal marron de *l'Abutilon striata* était jaunâtre ; le même tube rouge de l'*Hibiscus grandiflorus*, blanc rosé ; le même tube du *Siphocampylus bicolor* avait à la lumière sa partie moyenne rose clair et sa partie supérieure (anthères soudées) rose avec des rayures noires tandis qu'à l'obscurité, ces deux parties étaient la première blanche et la deuxième blanche avec des rayures vert pâle ; les anthères de *Justicia acanthiflora* étaient marron à la lumière et vert pâle à l'obscurité, et les étamines de *Jasminum revolutum* jaune à la lumière et jaune très pâle à l'obscurité.

En résumé :

1° On voit que l'obscurité affecte d'une façon très inégale les différentes couleurs des fleurs, mais qu'elle les affecte toutes.

2° Pour une même couleur, le mode d'action varie avec l'espèce végétale, mais, quelle que soit l'espèce végétale considérée, il se produit pour les différentes couleurs correspondant aux différentes radiations du spectre un affaiblissement de l'intensité qui est peu marqué dans certains cas, assez sensible dans d'autres et peut aller quelquefois jusqu'à la décoloration complète.

3° Ce dernier phénomène se produit surtout avec les couleurs violette et rouge correspondant aux portions les plus réfrangibles et les moins réfrangibles du spectre.

b. — *Phénomènes de recoloration à la lumière, des fleurs décolorées développées à l'obscurité*

A la suite de leurs expériences, Askenasy et M. Flahault sont arrivés à cette conclusion, déjà reproduite dans le cours de ce travail, que la coloration des fleurs est sous la dépendance de l'assimilation actuelle des organes végétatifs de la plante ou de la présence de réserves nutritives dans cette plante.

Si nous admettons, pour l'instant, le fait suivant que je démontrerai tout à l'heure, en m'appuyant sur d'autres considérations, qu'à l'obscurité l'activité assimilatoire de la fleur est devenue moins active puisqu'elle s'y est décolorée, il s'ensuit que, si des fleurs décolorées à l'obscurité se recolorent, même partiellement, après une exposition suffisante à la lumière, on doit considérer la lumière directe comme un facteur nécessaire de l'assimilation actuelle chez la fleur et de sa coloration.

Or, je suis autorisé, je crois, à formuler cette conclusion, à la suite des expériences qui m'ont permis d'obtenir une réapparition très sensible de la teinte primitive pour les différentes couleurs du spectre sur les végétaux suivants :

1° Violette sur *l'Heliotropium peruvianum*.

2° Jaune orangé sur le *Siphocampylus bicolor*.

3° Jaune et jaune d'or sur *l'Aloe arborescens*, et le *Jasminum revolutum*.

4° Rose et rouge vif sur l'*Aloe arborescens* et le *Siphocampylus bicolor*.

C. — Causes auxquelles sont dus les phénomènes de coloration des fleurs développées à la lumière et de décoloration des fleurs développées à l'obscurité.

On sait, d'après les recherches de nombreux auteurs, entre autres de MM. Hildebrandt, (1), Dennert (2) et Courchet (3), que les substances colorantes qui donnent à la corolle son éclat peuvent être rangées en deux groupes.

1° Les matières colorantes de nature pigmentaire jaunes, oranges, rouges, rouge brique, qui sont, comme la chlorophylle, portées par des leucites spéciaux, ici dénommés chromoleucites.

2° Celles qui se trouvent en solution dans le suc cellulaire, en particulier dans l'épiderme et qui produisent les colorations rose, bleue, violette ou même parfois jaune.

Les colorations intermédiaires, noire, pourpre, etc., résultent en général de la superposition de ces deux types de matière colorante.

Or, la chlorophylle et les pigments des chromoleucites ont besoin d'un même support protoplasmique, le leucite, de plus ils sont tous deux insolubles dans le suc cellulaire, ce qui indique leur grande parenté.

De plus, Pringsheim a montré, à l'aide du spectroscope, que la chlorophylle est très voisine de l'anthoxanthine, matière colorante des pigments des chromoleucites. On a constaté également que l'épiderme ne renferme jamais de chloroleucites, ni

(1) Hildebrandt, *Anat. Untersuchungen über die Farben des Blüthen*, Pringsheims Jahrb., vol. III, année 1863.

(2) E. Dennert, *Anatomie und Chemie des Blumenblatts*, Bot.Centralblatt, vol. XXXVIII, 1889.

(3) Courchet, *Recherches sur les chromoleucites*, Thèse de Doctorat ès sciences, Paris, (Annales des Sciences Naturelles), 1888.

de chromoleucites, et que certaines fleurs de couleur jaune ou orangé étaient vertes dans le bouton.

Les chromoleucites résultent, d'après les mêmes auteurs, soit d'une transformation directe des chloroleucites, soit d'une apparition progressive de pigments colorés et d'une disparition simultanée de la chlorophylle, soit d'une formation directe de chromoleucites dans les leucoleucites, sans formation préalable de chlorophylle.

A quelles causes doit-on attribuer ainsi la transformation des chloroleucites en chromoleucites ou l'élaboration par le leucoleucite de chromoleucites au lieu de chloroleucites ?

Dennert pense qu'il se produit dans la corolle une oxydation plus active que dans la feuille et une hydratation plus grande du protoplasma, ce qui permettrait une différenciation de la substance chromogène du leucite autre que dans la feuille.

Cette hypothèse de Dennert se trouve confirmée par le travail de M. Curtel (1) que j'ai déjà cité. A la suite de recherches sur les échanges gazeux de la fleur, il en est arrivé à conclure que les oxydations internes de la corolle sont très énergiques et son activité respiratoire très faible. Il a montré, en outre, qu'au fur et à mesure des progrès du développement de la corolle, progrès qu'accompagnent l'apparition ou la transformation des pigments solubles ou figurés, les fonctions de la feuille disparaissent en elle, l'assimilation s'affaiblit ou s'annule, la transpiration devient moindre, les réactions intérieures changent de nature et le rapport $\frac{CO^2}{O}$, s'abaissant, manifeste l'énergie des oxydations internes. Il attribue donc à cette modification dans les fonctions de la corolle, à l'oydation énergique et à l'hydratation de ses tissus, sa pigmentation caractéristique.

Il ajoute à ses conclusions d'autres causes qui se ramènent comme les précédentes à une insuffisance de la fonction nutri-

(1) G. Curtel, *Recherches physiologiques sur la fleur*, Thèse de Doctorat ès sciences, Paris 1898.

tive, assimilatoire dans l'organe. Voici comment il s'exprime à ce sujet :

« C'est ainsi que, la corolle pouvant acquérir dans un temps très court des dimensions superficielles beaucoup plus considérables que celles du calice, et souvent même que celles de la feuille, tout en ayant un appareil conducteur beaucoup moins développé que cette dernière, il est vraisemblable que ses réserves et même une partie de sa substance sont employées à fournir les éléments nécessaires à cette activité cellulaire, qui se traduit extérieurement par l'énergie de la fonction respiratoire.

» On comprend alors que dans ce milieu appauvri, le plastide évolue différemment, qu'il ne puisse produire de chlorophylle, ou du moins la régénérer au fur et à mesure de sa destruction sous l'influence de la lumière. D'ailleurs, les fonctions de cette substance ne sont guère compatibles avec la situation d'un organe dont le tissu conducteur est si réduit. A sa place, apparaîtront ou persisteront d'autres pigments, chimiquement peut-être très voisins, mais plus résistants qu'elle à l'action de la lumière.

» Il y aurait là un phénomène analogue à celui qui se passe chez les feuilles caduques aux approches de l'hiver, ou chez celles atteintes de chlorose et dans lesquelles le ralentissement de la nutrition s'accompagne d'une oxydation énergique des tissus et de la disparition progressive de la chlorophylle, qui laisse transparaître les pigments plus résistants qui l'accompagnent ou qui peut-être en dérivent par oxydation.

» Enfin, dans des circonstances moins favorables encore, le leucite cessera d'engendrer des pigments, il restera leucoleucite; la fleur sera blanche *en totalité ou en partie* suivant que le phénomène sera général ou localisé. Cette façon de considérer *l'albinisme* ou l'apparition des macules blanches chez la fleur, comme résultant d'une insuffisance de la nutrition, se trouve confirmée par la deuxième partie de ce travail, où nous voyons la lumière diffuse faible entraîner une décoloration plus ou moins complète de la fleur, par suite de la réduction de l'acti-

vité assimilatoire. Elle est encore confirmée par nos expériences ou observations sur *Delphinium Ajacis*, *Adonis autumnalis*, par celles de MM Flahault et Askenasy. décrites page 271, ainsi que par cette observation que nous eûmes plus d'une fois l'occasion de faire, à savoir que les fleurs blanches diffèrent encore des fleurs colorées de même espèce, par leur moindre volume et poids, la plus grande minceur des tissus et le moindre développement de l'appareil conducteur. Parfois même, leur appareil végétatif se distingue de celui du pied à fleurs colorées par des feuilles d'un vert plus pâle, plutôt caduques.

» Quant à la substitution au sein même du chloroleucite des divers pigments à la chlorophylle, au fur et à mesure du développement de la corolle, on peut l'expliquer d'une façon analogue.

» Lorsque la nutrition se fait normalement au sein de la cellule, la chlorophylle se trouve régénérée au fur et à mesure de sa destruction sous l'action de la lumière. Lorsque la nutrition devient insuffisante, la chlorophylle n'étant plus régénérée laisse transparaitre les pigments plus résistants qui l'accompagnent.

» L'un d'eux n'est autre que la carotine, dont le pouvoir colorant est si intense qu'il est extrêmement difficile d'arriver à en débarrasser totalement la chlorophylle (1).

» Or, on sait qu'un certain nombre de pigments de couleur jaune, jaune-orangé, rouge-orangé, etc., non seulement présentent entre eux la plus étroite analogie, mais qu'ils sont encore, surtout certains, très voisins de la carotine, dont ils offrent les principales réactions (2). Le changement de coloration du plastide pourrait alors s'expliquer par simple disparition de la chlorophylle, qui laisserait visible le ou les pigments qui l'accompagnent et qui, d'ailleurs, peuvent eux-mêmes avoir subi des modifications plus ou moins profondes.

» Quant aux matières colorantes, telles que l'anthocyanine,

(1) Kohl. *Untersuchungen über das Chlorophyll.* (Bot. Centralbl. 1898).
(2) Courchet. *Recherches sur les Chromoleucites* (Ann. sc. nat., 1888).

qui se trouvent en solution dans le suc cellulaire, elles dériveraient, par oxydation, des tannins, ou tout au moins de matières chromogènes plus ou moins voisines et qui en seraient issues.

» Tel est l'avis de Wiesner (1), Wigand (2), Kraus (3) et Dennert (4). La similitude des réactions chimiques est, d'ailleurs, une preuve de cette parenté.

» En outre, la disparition de ces matières colorantes dans le périanthe concorde absolument avec celle du tannin dans la feuille. Chez celle-ci, il est surtout localisé dans l'épiderme et au dos des nervures. Or, telle est aussi la répartition de l'anthocyanine dans le périanthe.

» Enfin, les agents réducteurs décolorent les fleurs colorées par l'anthocyanine, en reformant en partie le tannin, et la couleur réapparaît sous l'action des oxydants. Cette dernière expérience semble encore justifier l'hypothèse qui fait de l'anthocyanine un dérivé des tannins par oxydation. Par conséquent, chez ces fleurs aux corolles bleues, violacées ou rouges, la coloration du périanthe est encore le résultat des oxydations dont il est le siège, oxydations qui, portant sur les tannins ou leurs dérivés, produits de l'activité assimilatoire, tant de l'organe que du végétal lui-même, les transforment en matières colorantes. Leur apparition est comparable à celle des pigments rouges solubles qui, à l'automne, alors que la nutrition se ralentit et que les oxydations deviennent plus énergiques, apparaissent aux dépens de la chlorophylle dans les cellules en palissade de nombreuses feuilles caduques, comme celles d'*Ampelopsis hederacea*, *Cornus sanguinea*, etc., ou dans les rameaux de *Thuja orientalis*.

» Donc, quelle que soit l'origine de toutes ces matières colorantes, pigments ou sucs colorés, qui donnent à la corolle son éclat, leur apparition peut s'expliquer par de simples modifications

(1) Wiesner, *Bot. Zeitung*, 1862.

(2) Wigand, *Bot. Zeitung*, 1862.

(3) Kraus, *Gundlinien zu einer Physiologie des Gerbstoffes*, 1889.

(4) Dennert, *Bot. Centralbl.* 1889.

dans les phénomènes de nutrition et de chimie cellulaires, sans qu'il soit nécessaire d'invoquer une adaptation de l'organe à la fécondation par les insectes. Cette adaptation, si elle existe, peut bien avoir sélectionné les types les plus éclatants, les plus visibles, mais ne saurait avoir déterminé, dans le périanthe, l'apparition première des produits colorés auxquels il doit son éclat.

» Quant au rôle, vaguement dénommé rôle protecteur, qu'on attribue unanimement, mais sans autre indication au périanthe, nous croyons l'avoir précisé à la fin de cette première partie.

» Grâce à un pouvoir absorbant considérable, à un pouvoir émissif voisin de l'unité, grâce aussi à un pouvoir réflecteur très notable, le périanthe, ou du moins la corolle, emmagasinerait l'énergie calorifique solaire, au mieux des réactions internes, qui hâteront son développement d'ailleurs si rapide. Elle en rayonnerait, diffuserait, réfléchirait une notable proportion sur les verticilles reproducteurs qu'elle entoure. Elle favoriserait ainsi la maturation de ces organes, la formation de leurs cellutes reproductives, enfin la série des transformations qui accompagnent la fécondation.

» Il est possible encore que, grâce à l'activité des oxydations dont il est le siège, le périanthe serve aussi à la préparation, dans les tissus voisins, d'une partie des produits d'oxydation plus ou moins avancée, qui sont généralement contenus dans le fruit.»

A la suite de ces considérations, M. Curtel relate les expériences qu'il a entreprises sur le développement des fleurs à la lumière diffuse faible, autrement dit à l'ombre, et confirme par les résultats concernant la morphologie externe de ces fleurs les conclusions qu'il vient de formuler.

Voici notamment ce qu'il dit à propos des couleurs :

« En général, les fleurs venues au soleil sont plus colorées que celles venues à l'ombre. Le fait n'est pas absolument constant. Les différences sont parfois peu accentuées, mais cependant appréciables, par exemple chez *Adonis autumnalis*, *Tropæolum majus*, *Cichorium Intibus*, *Ranunculus repens*. Elles sont

nulles chez *Tagetes erecta*, *Helianthus annus;* bien marquées chez *Nemophila insignis*, *Borrago officinalis*, *Brassica sativa*, *Meconopsis cambrica*, etc.

» Cette décoloration partielle de la fleur à la lumière diffuse faible peut s'expliquer, à notre avis, par une moindre activité de la fonction assimilatoire.

» Nous avons vu, en effet, dans une autre partie de ce travail, que les matières colorantes pigmentaires étaient, en général, considérées comme des produits de transformation directe ou indirecte de la chlorophylle, et celles en solution, des produits de transformation des tannins. On conçoit donc que toute cause capable de ralentir l'activité assimilatoire ralentira aussi la formation de la chlorophylle, et, par suite, les proportions, et l'intensité colorante des produits qui en dérivent. Quant aux tannins, d'où semblent provenir la plupart des matières colorantes en solution, qu'on les considère comme des matières de réserve ou comme des produits de désassimilation, il est évident que toute cause qui ralentira la nutrition, en diminuera les proportions et, par conséquent, celles des sucs colorés qu'ils engendrent.

« Cette considération admise, on conçoit que des plantes à appareil végétatif bien développé puissent, à l'aide des réserves accumulées avant la floraison, épanouir dans une lumière très atténuée les rares fleurs qu'elles portent, et les colorer de façon presque aussi intense qu'à la lumière directe. Tel est le cas pour *Tagetes erecta*, *Helianthus annuus.*

» Au contraire, la plante dont les réserves sont peu abondantes, dont l'appareil végétatif est peu développé, ne peut qu'incomplètement alimenter la fleur en formation, et cela d'autant moins que la croissance de celle-ci est plus rapide et sa vie plus courte. Aussi, sont-ce surtout les petites plantes annuelles, à corolle délicate, durant peu, aux tissus peu développés, comme *Nemophila insignis*, *Borraga officinalis*, *Meconopsis cambrica*, etc., qui paraissent le plus influencées.

» Il est à noter que, contrairement à ce que M. Flahault (1) avait observé en opérant dans l'obscurité, ce sont les fleurs à pigment jaune qui ont été le moins modifiées dans leur coloris, par la lumière atténuée. Or, ce genre de fleur m'a toujours paru avoir une structure anatomique plus vigoureuse que les autres fleurs. D'autre part, dans le bouton, elles sont en général assez abondamment pourvues de chlorophylle. Peut-être la présence de celle-ci, ou encore leur structure plus puissante, compensent-elles, pour la fleur, l'affaiblissement de la fonction assimilatoire résultant de l'atténuation de l'éclairement.

» Ainsi s'expliquerait l'inégalité d'action de la lumière diffuse faible sur le coloris de diverses fleurs.

» Si la lumière a surtout une action indirecte sur la production des matières colorantes, il est cependant difficile de lui refuser absolument toute influence immédiate.

» Il est d'expérience vulgaire qu'un fruit vert ou qu'à l'automne une feuille d'*Ampelopsis hederacea*, *Cornus sanguinea* etc., ne se colorent bien qu'au soleil, et surtout et d'abord sur les parties exposées à l'action solaire directe. Pourquoi l'action de la lumière, incontestable sur le fruit, sur ces feuilles, serait-elle nulle sur la fleur ? Beaucoup de pétioles de fleurs, ceux des fleurs du Cerisier, par exemple, sont rouges sur la face qui regarde le soleil, verts sur la face opposée ; on pourrait multiplier les exemples. Enfin, on connaît l'action de la lumière sur les couleurs artificielles, qu'elle modifie souvent profondément.

» Je crois donc que les différences de coloration qui s'observent dans les fleurs venues au soleil ou à l'ombre, tiennent : 1° surtout à une action indirecte de la lumière par modification des fonctions de nutrition ; 2° à une action directe analogue à celle qui détermine la coloration des fruits et du pédoncule de certaines fleurs ; 3° enfin, peut-être à une action comparable à celle qu'exerce la lumière sur la plupart des substances colorantes »

(1) Ch. Flahault *Développement des matières colorantes des fleurs.* (Ann. des Sc. Nat , 1880.)

Voilà donc de quelle façon logique et conforme aux faits observés, M. Curtel expose, en s'appuyant sur les expériences d'autres auteurs et sur les siennes propres, les causes auxquelles on doit attribuer la coloration naturelle des fleurs développées à la pleine lumière et la décoloration plus ou moins intense des fleurs développées à la lumière diffuse faible, autrement dit à l'ombre.

Les phénomènes de décoloration plus ou moins intenses que j'ai observés sur les fleurs développées à l'obscurité me permettent de confirmer les idées émises par M. Curtel et de dire que cette décoloration partielle, et dans certains cas totale, des fleurs développées à l'obscurité, ne peut s'expliquer que par une moindre activité de la fonction assimilatoire de la fleur.

Ce ralentissement des échanges nutritifs de la fleur est évidemment dû à l'absence de lumière.

Mes expériences de recoloration partielle, après une exposition suffisante à la lumière, des fleurs décolorées par leur développement à l'obscurité, montrent que chez ces fleurs la fonction assimilatoire est devenue plus active, puisqu'il s'en est suivi une recoloration plus ou moins intense. Cela démontre le rôle prépondérant joué par la lumière dans les échanges nutritifs de la fleur et dans sa coloration.

Je dirai donc en matière de conclusion générale pour tout ce qui se rapporte aux couleurs des fleurs :

1° Les couleurs naturelles des fleurs sont dues à des phénomènes de nutrition et de chimie cellulaire, et n'ont aucun rapport immédiat avec la fécondation par les insectes ;

2° La lumière est le facteur essentiel des échanges nutritifs et assimilatoires de la fleur et par suite de sa coloration ;

3° Lorsque l'intensité de la lumière va en s'affaiblissant jusqu'à l'obscurité complète, les échanges nutritifs et assimilatoires de la fleur vont en diminuant et déterminent chez celle-ci une diminution progressive de l'intensité des couleurs qui peut, dans certains cas, aboutir à la décoloration complète.

3° Forme.

Je n'ai pas remarqué, au cours de mes expériences, que la forme des fleurs fût affectée d'une façon bien sensible par leur développement à l'obscurité. J'entends par là des modifications radicales de la forme, et non pas les modifications concernant les dimensions et qui sont relatées au paragraphe suivant.

4° Dimensions.

Ainsi que je l'ai déjà dit à propos de l'historique de ce chapitre, Sachs et Askenasy ont conclu à la suite de leurs expériences que la forme et les dimensions des fleurs venues à l'obscurité ne subissaient aucune réduction.

Si, comme je l'indique au paragraphe précédent, je n'ai constaté aucune modification bien sensible de la forme, j'en ai constaté de profondes touchant les dimensions.

Il y a lieu évidemment d'examiner à part ce qui se rapporte à la fleur proprement dite et ce qui se rapporte au pédicelle floral.

a. — *Fleurs.*

D'une façon générale, les deux dimensions principales des différentes pièces florales, longueur et largeur moyenne, subissent une réduction à l'obscurité; car, sur l'ensemble de mes expériences, je n'ai observé que trois fleurs pour lesquelles ces dimensions aient augmenté, savoir :

Augmentation de la longueur seule..	*Ophrys fusca* *Hibiscus grandiflorus* *Genista iberica*
Augmentation de la largeur seule ..	Labelle *d'Ophrys fusca* Ailes et carène de *Genista iberica*

Pour toutes mes autres expériences, j'ai constaté une réduction. C'est ainsi que sur 17 cas de mensuration complète je compte

15 cas de réduction des deux dimensions, longueur et largeur moyenne, 2 cas de réduction de la longueur seule et 2 cas de réduction de la largeur seule.

Voici l'énumération de ces cas :

1° Réduction des deux dimensions.

Aloe arborescens.
Iris stylosa.
Mesembryanthemum edule
Abutilon striata.
Pelargonium zonale.
Oxalis cernua.
Cuphea eminens.
Rose thé variété *Anna Olivier.*
Solanum japonicum.
Lavandula dentata.
Teucrium fruticans.
Jasminum revolutum.
Vinca major.
Anthemis, variété *Comtesse de Chambord.*
Siphocampylus bicolor.

2° Réduction de la longueur seule.

Hibiscus molis.
Justicia acanthiflora.

3° Réduction de la largeur seule.

Périanthe d'*Ophrys fusca*, sauf le labelle.
Etendard de *Genista iberica.*

Enfin, je n'ai constaté que trois cas où la réduction du calice ait été légèrement plus grande que celle de la corolle (*Abutilon striata*, *Hibiscus grandiflorus* et *Jasminum revolutum*).

J'ajouterai pour ce qui concerne l'androcée et le gynécée qu'il est aisé de constater une diminution de leur différentes dimensions: longueur, largeur ou diamètre à l'obscurité, si l'on se rapporte notamment aux tableaux concernant l'*Aloe arborescens*, l'*Iris stylosa*, l'*Ophrys fusca*, le *Teucrium fruticans*, le *Jasminum revolutum* et le *Siphocampylus bicolor*. — Enfin on verra plus loin (B. — MORPHOLOGIE INTERNE, § IV-Androcée, et § V

— Gynécée), que j'ai constaté dans un grand nombre de cas une épaisseur moindre à l'obscurité des parois de l'anthère et de l'ovaire ; les grains de pollen et les ovules étaient en outre devenus plus petits.

Je peux donc conclure, pour ce qui concerne les fleurs seules, qu'à l'obscurité on constate très rarement une augmentation de l'une ou des deux dimensions des pièces florales, et que dans la très grande majorité des cas on constate une réduction qui affecte presque toujours les deux dimensions à la fois.

La réduction de la longueur seule ou de la largeur seule est très rare.

De plus, la réduction de la corolle est presque toujours plus grande que la réduction du calice.

Enfin, les différents éléments de l'androcée et du gynécée subissent également à l'obscurité une réduction de leurs dimensions.

b. — *Pédicelles floraux.*

Pour ce qui concerne les pédicelles floraux, l'action de l'obscurité n'est pas aussi marquée que pour les fleurs proprement dites, c'est-à-dire que, sur 16 cas de mensuration complète, 5 se rapportent à une augmentation simultanée de la longueur et du diamètre du pédicelle, 4 à une augmentation de la longueur seule, 6 à une diminution simultanée des deux dimensions, 1 à une diminution de la longueur seule et 3 à une diminution du du diamètre seul. Autrement dit, on compte 9 cas d'augmentation pour 10 cas de diminution.

Voici l'énumération de ces cas :

1° Augmentation des deux dimensions :

Pelargonium zonale.
Oxalis cernua.
Genista iberica.
Jasminum revolutum.
Siphocampylus bicolor.

2° Augmentation de la longueur seule :

Aloe arborescens.
Mesembryanthemum edule.
Abutilon striata.
Hibiscus grandiflorus.

3° Réduction des deux dimensions :

Iris stylosa.
Ophrys fusca.
Cuphea eminens.
Solanum japonicum.
Teucrium fruticans.
Vinca major.

4° Réduction de la longueur seule :

Hibiscus molis.

5° Réduction du diamètre seul :

Aloe arborescens.
Mesembryanthemum edule.
Abutilon striata.

Je peux donc conclure, pour ce qui concerne les pédicelles floraux, que l'action de l'obscurité n'est pas plus marquée pour l'augmentation que pour la réduction des dimensions des pédicelles : on constate autant de cas d'augmentation que de cas de réduction.

Cependant, lorsque l'action de l'obscurité se traduit par une augmentation, on constate environ deux fois plus de cas d'augmentation de la longueur que du diamètre et lorsque cette action se traduit par une réduction on constate environ une fois et demi plus de cas de réduction du diamètre que de la longueur.

Ce qui revient encore à dire, toutes choses égales d'ailleurs, que l'action de l'obscurité sur les pédicelles floraux se traduit le plus souvent par une augmentation de la longueur ou par une réduction du diamètre, indifféremment.

En résumé, l'obscurité a pour effet, le plus souvent, de réduire

les dimensions de la fleur proprement dite, la corolle étant plus réduite que le calice et d'augmenter la longueur de son pédicelle ou de réduire son diamètre.

5° Poids et Volume

Les variations dans les dimensions présentées par les fleurs écloses à l'obscurité n'étant pas, dans certains cas, de même sens que celles présentées par leurs pédicelles, j'ai été conduit à prendre le poids et le volume de ces différentes fleurs accompagnées de leurs pédicelles, et j'ai constaté qu'il se produisait le plus souvent une diminution par rapport au poids et au volume de ces mêmes fleurs développées à la lumière.

C'est ainsi que, sur 20 cas observés, 2 se rapportent à une augmentation de poids et de volume à l'obscurité, 1 cas à l'augmentation du poids seul et 2 cas à l'augmentation du volume seul.

D'autre part, dans les cas de diminution, 2 cas se rapportent à une diminution du poids seul et 1 cas à une diminution du volume seul.

J'ai donc en tout 18 cas de diminution et 5 cas d'augmentation, mais je ferai observer que, sur ces 5 cas d'augmentation, 3 se rapportent à 3 fleurs ayant subi en même temps soit une augmentation de poids et une diminution simultanée de volume, soit une augmentation de volume et une diminution simultanée de poids.

Il n'y aurait donc en réalité que 2 cas d'augmentation bien marquée de poids et de volume et 15 cas de diminution de ces éléments d'appréciation.

Voici, du reste, l'énumération de ces différents cas :

1° Augmentation du poids et du volume;

Pelargonium zonale
Genista iberica.

2° Augmentation du poids seul :

Oxalis cernua

3° Augmentation du volume seul :

Ophrys fusca
Abutilon striata

4° Réduction du poids seul :

Ophrys fusca
Abutilon striata

5° Réduction du volume seul :

Oxalis cernua

6° Réduction du poids et du volume :

Aloe arborescens
Iris stylosa
Mesembryanthemum edule
Hibiscus grandiflorus
Hibiscus molis
Cuphea eminens
Rose thé, variété *Anna Ollivier*
Solanum japonicum
Justicia acanthiflora
Lavendula dentata
Teucrium fructicans
Jasminum revolutum
Vinca major
Anthemis, var. *Comtesse de Chambord*
Siphocampylus bicolor.

Je me suis demandé à quelle cause il fallait attribuer l'augmentation ou la diminution du poids et du volume.

Pour l'augmentation, elle est due 1 fois à l'augmentation de la fleur seule (*Ophrys fusca*, augmentation de longueur des pièces du périanthe et de largeur du labelle), 1 fois à l'augmentation de la fleur et du pédicelle (*Genista iberica*), 1 fois à l'augmentation de la longueur du pédicelle (*Abutilon striata*) et 2 fois à l'augmentation des dimensions du pédicelle (*Pelargonium zonale*, *Oxalis cernua*).

On peut donc dire que l'augmentation de poids et de volume

de la fleur complète à l'obscurité est due le plus souvent à l'augmentation des dimensions du pédicelle floral.

Pour la diminution, sur 18 cas observés, on en compte 2 où la fleur seule a augmenté (*Ophrys fusca*, augmentation de longueur des pièces du périanthe et de largeur du labelle), (*Hibiscus grandiflorus*, augmentation de longueur des pièces florales), 4 où la longueur seule du pédicelle a augmenté (*Aloe arborescens*, *Mesembryanthemum edule*, *Abutilon striata*, *Hibiscus grandiflorus*) et 3 où les deux dimensions du pédicelle ont augmenté. *Oxalis cernua*, *Jasminum revolutum*, *Siphocampylus bicolor*).

Comme d'autre part j'ai constaté, pour ce qui se rapporte à la fleur seule, la réduction de ses deux dimensions à l'obscurité dans le plus grand nombre de cas, et pour ce qui se rapporte au pédicelle floral, qu'il se produisait à l'obscurité autant de cas d'augmentation que de diminution de ses dimensions, je peux en déduire que la diminution de poids et de volume de la fleur complète à l'obscurité est due le plus souvent à la réduction des dimensions de la fleur proprement dite.

En résumé :

1° Dans la très grande majorité des cas, les fleurs développées à l'obscurité ont un poids et un volume plus petits que ceux des mêmes fleurs développées à la lumière, cette réduction étant due le plus souvent à la réduction des dimensions des fleurs proprement dites;

2° Pour les rares cas où l'on constate une augmentation de poids et de volume, elle est due le plus souvent à l'augmentation des dimensions du pédicelle floral.

V. — Résumé général des conclusions se rapportant a la Morphologie externe.

Lorsqu'on fait développer, d'une part à la pleine lumière, et d'autre part à l'obscurité complète, des boutons floraux, comparables entre eux, choisis aussi petits que possible et appartenant

à deux branches voisines d'une même plante, aussi comparables entre elles que possible, on constate les phénomènes suivants :

1° En général, une plante peut fleurir à l'obscurité pourvu qu'elle possède des réserves ou qu'une partie suffisante de son appareil végétatif reste exposée à la lumière ; mais si l'une ou l'autre de ces deux conditions est nécessaire, elles ne sont pas suffisantes, car il est des cas où, malgré la réalisation de l'une d'entre elles, une plante ne fleurit pas ou bien se trouve sous la dépendance d'un *minimum de floraison* en rapport avec un *minimum de volume* de ses boutons floraux ;

2° Lorsque la floraison se produit à l'obscurité, elle est, en général, plus tardive, très rarement plus précoce qu'à la lumière et les fleurs produites sont moins nombreuses.

3° L'obscurité affecte d'une façon très inégale les différentes couleurs des fleurs, mais elle les affecte toutes.

4° Pour une même couleur, le mode d'action varie avec l'espèce végétale, mais, quelle que soit l'espèce végétale considérée, il se produit, pour les différentes couleurs correspondant aux différentes radiations du spectre, un affaiblissement de l'intensité, qui est peu marqué dans certains cas, assez sensible dans d'autres et peut aller quelquefois jusqu'à la décoloration complète.

5° Cette décoloration se produit surtout pour les couleurs violette et rouge correspondant aux portions les plus réfrangibles et les moins réfrangibles du spectre.

6° Les couleurs naturelles des fleurs étant le résultat de leurs échanges nutritifs et assimilatoires, l'obscurité ralentit ces échanges, et la lumière doit être considérée comme leur facteur essentiel et, par suite, celui aussi de la coloration des fleurs.

7° L'obscurité n'affecte pas d'une façon bien sensible la forme des fleurs.

8° L'obscurité a pour effet, le plus souvent, de réduire les dimensions de la fleur proprement dite, la corolle étant plus réduite que le calice, et d'augmenter la longueur de son pédicelle ou de réduire son diamètre.

Cette réduction des dimensions porte également sur les éléments de l'androcée et du gynécée.

9° Dans la très grande majorité des cas, les fleurs développées à l'obscurité ont un poids et un volume plus petits que ceux des mêmes fleurs développées à la lumière, cette réduction étant due le plus souvent à la réduction des dimensions des fleurs proprement dites.

10° Dans les rares cas où les fleurs développées à l'obscurité présentent une augmentation de poids et de volume, elle est due à l'augmentation des dimensions du pédicelle floral, augmentation qui sera expliquée aux conclusions se rapportant à la morphologie interne.

11° Tous ces phénomènes résultent d'un ralentissement dans l'activité des fonctions de nutrition.

B. — MORPHOLOGIE INTERNE

Dans cette deuxième partie de mon travail, je me suis proposé de rechercher quelles sont les différences de structure anatomique qui existent dans les différentes parties : pédicelle, calice, corolle, androcée et gynécée, de deux exemplaires d'une même espèce de fleurs, développés dans les conditions expérimentales que j'ai décrites, l'un à la pleine lumière, l'autre à l'obscurité complète.

Afin d'avoir des résultats comparables, j'ai pris les précautions suivantes :

Toutes les fleurs mises en expérience ont été cueillies, ainsi que je l'ai déjà dit, à l'âge adulte, c'est-à-dire au moment de l'anthèse.

Après la détermination des différents éléments se rapportant à la morphologie externe, j'ai plongé ces fleurs dans de l'alcool à 95°; les tissus se sont ainsi déshydratés en grande partie, durcis et conservés en bon état pour l'étude histologique.

Comme la structure d'un organe varie avec ses différentes régions, j'ai toujours fait mes coupes perpendiculairement au milieu de la hauteur ou de la longueur de l'organe intéressé, en opérant pour le calice ou la corolle sur de petits rectangles découpés parallèlement à la nervure médiane et comprenant cette nervure.

Les dimensions relatives ont été mesurées à l'aide d'un micromètre.

J'ai fait ainsi un grand nombre de coupes transversales, mais je ne décrirai dans ce qui va suivre que les plus importantes d'entre elles, celles où ressortent le mieux les modifications apportées par l'obscurité à la structure intime des tissus.

Afin d'abréger l'exposition, je désignerai par la lettre L tous les organes ou portions d'organes de la fleur qui s'est développée au soleil, c'est-à-dire à la pleine lumière, et par la lettre O les mêmes éléments de la fleur qui s'est développée à l'obscurité complète.

I. — Pédicelle floral

Aloe arborescens

Diamètres respectifs : L = 2 millim.; O = 1 millim. 5.

Cuticule : Plus épaisse dans L que dans O.

Epiderme (*e. p.*) : Cellules plus grandes et à parois latérales plus fortement épaissies dans L que dans O.

Parenchyme cortical (*p. c*) : Formé de cellules arrondies, beaucoup plus développé dans L que dans O.

Faisceaux libéro-ligneux (*f. l. l.*) : Plus développés avec éléments plus nombreux et plus larges dans L que dans O.

Parenchyme médullaire (*p. m.*) : Formé de cellules polygonales, beaucoup plus développé dans L que dans O.

Le dessin ci-dessous représente deux portions de coupes transversales faites sur des pédicelles floraux d'*Aloe arborescens*, développés, l'un L, à la pleine lumière, l'autre O, à l'obscurité.

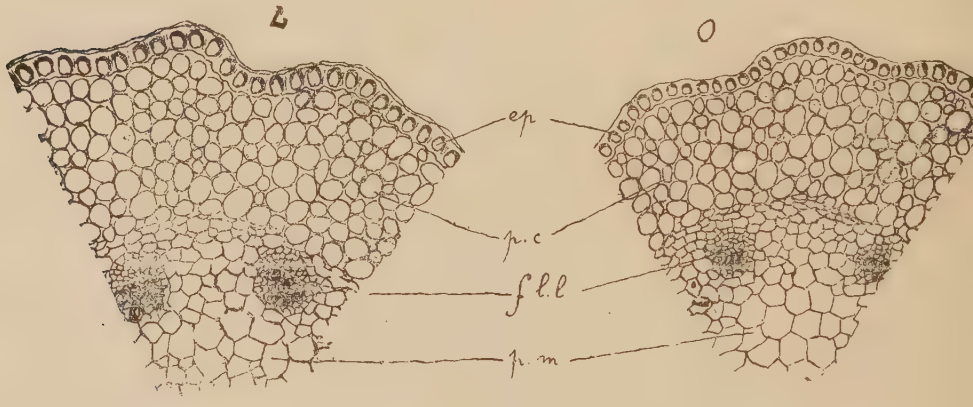

Fig. 10. — Coupe transversale du pédicelle de deux fleurs d'*Aloe arborescens* ; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

Ophrys fusca

Diamètres respectifs : L = 2 millim. 5 ; O = 2 millim.

Cuticule : Très épaisse dans L, très mince dans O.

Epiderme : Grandes cellules rectangulaires, plus réduites dans O.

Parenchyme cortical : Cellules arrondies dans L, polygonales dans O. On trouve dans L et O de nombreux raphides d'oxalate de chaux.

Faisceaux libéro-ligneux : Dimensions générales plus réduites, éléments divers moins nombreux dans O.

Parenchyme médullaire : Beaucoup plus développé dans L.

Hibiscus grandiflorus

Diamètres respectifs : L = 1 millim. 5 ; O = 1 millim. 5.

Cuticule : Un peu plus épaisse dans L.

Epiderme : Une assise de cellules rectangulaires dans L et O, plus petites dans O, portant par places des groupes de poils protecteurs disposés en rosettes, et quelques poils glanduleux pluricellulaires, brièvement pédicellés, moins nombreux sur O.

Parenchyme cortical : Dans L, formé de cellules arrondies, sans méats, mais délimitant dans l'étendue de ce parenchyme de larges espaces vides ou glandes à mucilage affectant la forme ovoïde.

Dans O, ces cellules sont plus petites, de forme légèrement polygonale et ne conservent la forme arrondie que tout autour des faisceaux libéro-ligneux. Les glandes à mucilage sont de surface plus restreinte.

Système fibro-vasculaire : Dans L et O, îlots de bois et liber séparés entre eux par du tissu parenchymateux et disposés en cercle autour de la moelle, mais en nombre plus restreint dans O avec éléments plus petits.

Moelle : Formée dans L et O de cellules légèrement polygonales.

Pelargonium zonale

Diamètres respectifs : L = 1 millim. 5 ; O = 2 millim.

Cuticule : Très épaisse dans L, beaucoup moins dans O.

Epiderme : Dans L, formé de cellules rectangulaires à paroi externe très fortement épaissie ; il porte, en outre, un assez grand nombre de poils formés de 2 ou 3 cellules ajoutées bout à bout.

Dans O, la paroi externe est très peu épaissie et les poils sont bien moins nombreux.

Parenchyme cortical : Formé dans L et O de cellules arrondies.

Faisceaux libéro-ligneux : Sont disposés par îlots dans L et O avec éléments du bois et du liber plus nombreux dans L. Mais tandis que dans L il existe, en face de chaque îlot libéro-ligneux, un péricycle sclérifié sur 6 ou 7 assises de cellules superposées, cette sclérification ne se produit que sur 2 ou 3 assises dans O.

Moelle : La moelle formée de cellules arrondie dans L et O est beaucoup plus développée dans O.

Genista iberica

Diamètres respectifs : L = 1 millim ; O = 1 millim. 5.

Cuticule : Beaucoup plus épaisse dans L.

Epiderme : Formé dans L et O de cellules rectangulaires à paroi externe beaucoup plus épaisse dans L.

Parenchyme cortical : Formé dans L et O de cellules arrondies, et est beaucoup plus développé dans O que dans L, ce qui détermine la différence de diamètre constatée.

Faisceaux libéro-ligneux : Disposés dans L et O en double

cercle, avec éléments du bois et du liber en plus petit nombre dans O.

Moelle : De même surface dans L et O et formée de cellules arrondies.

Solanum japonicum

Diamètres respectifs : L = 0 millim. 75 ; O = 0 millim. 5.

Surface extérieure : Contours nettement arrondis dans L, fortement plissés dans O. Poils (*p*) plus longs sur L que sur O.

Epiderme (*ep.*) : Deux assises de cellules presque quadrangulaires dans L, une seule assise dans O.

Parenchyme cortical (*p. c.*) : Dans L grosses cellules rondes laissant entre elles de larges espaces vides. Dans O cellules à parois fortement plissées, délimitant ainsi entre elles des espaces à parois sinueuses et comme déchiquetées.

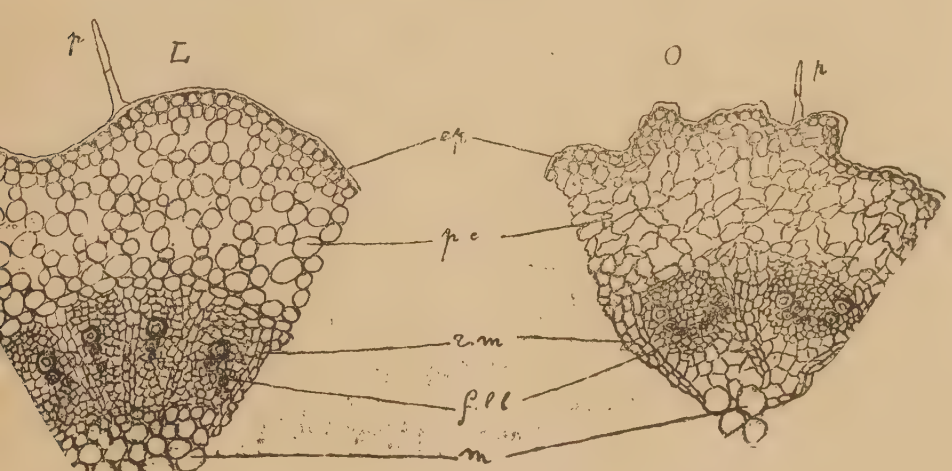

Fig. 11. — Coupe transversale du pédicelle de deux fleurs de *Solanum japonicum* ; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

L'endoderme est à contours réguliers et formé de cellules arrondies dans L, tandis qu'il est sinueux et formé de cellules à parois plissées dans O.

Faisceaux libéro-ligneux (*f. l. l.*) : Dans L, faisceaux normaux des Solanacées, vaisseaux du bois arrondis, disposés en files radiales, cellules du liber polygonales.

Dans O, les vaisseaux du bois, plus petits, affectent une forme polygonale et ne sont pas disposés en files radiales. Leurs files s'incurvent en forme de calotte à concavité extérieure. Les cellules du liber sont plissées et irrégulières. Cette disposition du bois ainsi que le plissement déjà remarqué des cellules sont certainement dus à la réduction de diamètre du pédicelle O qui a empêché le développement normal et régulier des tissus.

Parenchyme médullaire (*m*) : Dans L grosses cellules arrondies, avec rayons (*r. m.*) rectilignes ; dans O nombre plus restreint de cellules polygonales avec rayons (*r. m.*) sinueux.

Le dessin ci-contre représente deux portions de coupes transversales faites sur des pédicelles floraux de *Solanum japonicum*, développés, l'un L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

Siphocampylus bicolor

Diamètres respectifs : L = 0 millim. 75 ; O = 1 millim.

Cuticule : Plus épaisse dans L que dans O.

Epiderme (*ep*) : Cellules rectangulaires dans L et O, mais à parois plus épaisses dans L, avec poils (*p*). plus longs dans O.

Parenchyme cortical (*p. c*). : Formé de cellules polygonales dans L et O, mais est plus développé dans O, ce qui est cause de la différence de diamètre. Cellules de l'endoderme plus grandes dans O.

Système fibro-vasculaire : Dans L, liber (*l*) plus développé, et vaisseaux du bois (*b*) en plus grand nombre que dans O.

Moelle (*m*) : Formée de cellules polygonales, est beaucoup plus développée dans O que dans L.

Le dessin ci-contre représente deux portions de coupes transversales faites sur des pédicelles floraux de *Siphocampylus*

bicolor, développés l'un L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

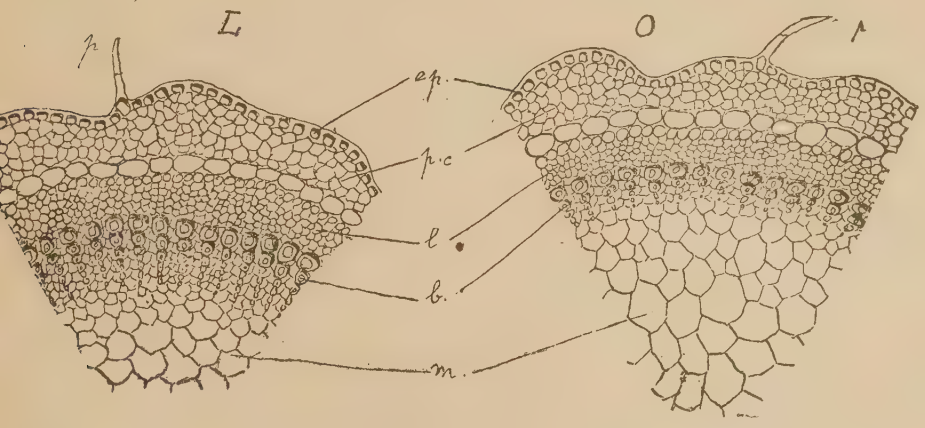

Fig. 12. — Coupe transversale du pédicelle de deux fleurs de *Siphocamhylus bicolor* ; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

Conclusions. — On peut voir, d'après ce qui précède, que les coupes étudiées se rapportent à trois catégories de pédicelles floraux :

1° Ceux dont le diamètre est plus petit à l'obscurité qu'à la lumière, tels que :

Aloe arborescens
Ophrys fusca
Solanum japonicum

2° Ceux dont le diamètre est le même, tels que :

Hibiscus grandiflorus

3° Ceux dont le diamètre est plus grand, tels que :

Pelargonium zonale
Genista iberica
Siphocampylus bicolor

Quelle que soit la catégorie que l'on considère, on peut voir qu'à l'obscurité le tissu conducteur est toujours moins développé

et que ses divers éléments, bois et liber, sont toujours moins nombreux. Il en résulte donc un ralentissement considérable dans l'activité des fonctions nutritives de ces pédicelles qui se répercute fatalement sur les tissus environnants : on observe alors une cuticule moins épaisse, des éléments protecteurs plus réduits, ainsi que les organes sécréteurs, et enfin les cellules parenchymateuses gênées dans leur développement devenir plus petites, perdre la forme arrondie qui existe dans certaines espèces, pour prendre la forme polygonale, et ne conserver quelquefois la forme arrondie que sur une petite étendue autour des faisceaux libéro-ligneux, là où la nutrition est encore un peu plus active que dans le restant du parenchyme.

Dans certains cas, cependant, le tissu parenchymateux, soit cortical, soit médullaire, s'est développé davantage à l'obscurité, comme dans le *Pelargonium zonale*, le *Genista iberica* et le *Siphocampylus bicolor*, et il en est résulté un diamètre plus grand pour le pédicelle floral. A quoi cela tient-il ?

Je pense qu'il n'est possible d'expliquer ce fait que de la façon suivante : A la suite d'expériences exécutées tout récemment, M, Gaston Bonnier a montré que la température, au moins dans de certaines limites, favorise le développement et la différenciation du tissu parenchymateux. C'est ainsi qu'il a cultivé un certain nombre d'espèces végétales dans deux armoires situées côte à côte et à la même exposition, mais dont l'une avait les parois entourées de glace, ce qui établissait en moyenne une différence de température de 5 degrés entre les deux armoires. Après trois mois de séjour dans les armoires, des feuilles adultes de chaque espèce, comparables entre elles, furent mises à assimiler par M. Griffon (1), dans les mêmes conditions d'éclairement et de température, et il constata que les feuilles développées dans l'armoire entourée de glace possédaient une énergie assimilatrice plus faible que les feuilles développées dans l'autre armoire. Cela

(1) Ed. Griffon. *L'assimilation chlorophyllienne et la coloration des plantes*. Annales des Sciences naturelles, Bot. 1899.

tenait, comme l'avait auparavant constaté M. Gaston Bonnier, à ce que la température, au moins dans de certaines limites, favorise à la fois et la formation de la chlorophylle et le développement et la différenciation du parenchyme des feuilles.

Or, dans mes expériences (il ne saurait ici être question de chlorophylle, puisque j'ai opéré à l'obscurité et que la couleur verte est toujours devenue plus pâle), les inflorescences enfermées dans les boîtes étaient toujours soumises à une température légèrement supérieure à celle des inflorescences laissées à l'air libre, puisque les boîtes étaient toujours fermées et que les parois intérieures, peintes en noir, diminuaient beaucoup et annulaient, pour ainsi dire, les pertes de chaleur par rayonnement et transmission. Si, d'autre part, on admet que certaines espèces végétales aient une capacité calorifique suffisamment grande pour qu'une très légère élévation de température exerce sur leurs tissus une action assez sensible, il devra en résulter nécessairement à l'obscurité un plus grand développement du tissu parenchymateux cortical ou médullaire. C'est ce que j'ai constaté, en effet, pour certaines de mes expériences.

II. CALICE.

Hibiscus grandiflorus

Epaisseurs relatives : $O = \frac{4}{5}$ de L.

Cuticule : Epaisse sur les deux faces de L, surtout sur la face supérieure. Beaucoup moins épaisse sur O.

Epidermes : Dans L, formés sur les deux faces de cellules rectangulaires, se prolongeant sur toute l'étendue de la face supérieure sous forme de petites papilles coniques et sur la face inférieure, de loin en loin, sous forme de rosettes de poils protecteurs unicellulaires, et de quelques poils glanduleux pluricellulaires, brièvement pédicellés.

Dans O, ces papilles sont moins développées, et ces différents poils, moins nombreux et plus courts.

Parenchyme intermédiaire : Dans L, formé de cellules ovales légèrement arrondies, laissant par places dans la partie médiane de ce parenchyme d'énormes espaces vides ou glandes à mucilage, à contours légèrement polygonaux. De plus, les parties supérieures et inférieures de ce parenchyme renferment une assez grande quantité de gros oursins d'oxalate de chaux.

Dans O toutes les cellules du parenchyme sont polygonales et les glandes à mucilage sont d'étendue beaucoup plus restreinte et à contours nettement polygonaux. En outre, on ne rencontre les oursins d'oxalate de chaux que dans la moitié supérieure du parenchyme.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale : Dans L, formé pour la partie ligneuse de 5 ou 6 rangées comprenant chacune 2 ou 3 vaisseaux. Tout le faisceau est limité par un anneau sclérenchymateux allant jusqu'aux épidermes.

Dans O, la partie ligneuse est formée de 4 rangées ayant 2 ou 3 vaisseaux chacune, le liber est moins développé, quant à l'anneau sclérenchymateux, il n'occupe qu'une portion du parenchyme et ne s'étend pas jusqu'aux épidermes.

Pelargonium zonale

Epaisseurs relatives : O $= \frac{3}{4}$ de L.

Cuticule : Légère sur les deux faces de L.

Epidermes : Dans L, formés de cellules rectangulaires se prolongeant sur toute l'étendue de la face supérieure sous forme de petites papilles coniques et sur la face inférieure de loin en loin, sous formes de poils glandulaires, très longs, formés de deux ou trois cellules ajoutées bout à bout et dont la dernière,

arrondie, contient de l'huile essentielle. On y trouve également quelques poils protecteurs unicellulaires très effilés.

Dans O les cellules épidermiques sont beaucoup plus petites, les papilles moins développées et les deux sortes de poils moins nombreux et plus courts.

Parenchyme intermédiaire : Dans L, formé d'un tissu serré sans aucun vide, de cellules polygonales et renferme une quantité énorme de petits oursins d'oxalate de chaux.

Dans O, ces cellules polygonales sont plus petites et les oursins d'oxalate de chaux ne se rencontrent que dans la moitié supérieure du parenchyme.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure médiane : Dans L, formé pour la partie ligneuse de 3 files de 2 vaisseaux chacune, et dans O de 3 vaisseaux seulement, le liber y est également moins développé.

Justicia acanthiflora.

Epaisseurs relatives : $O = \frac{3}{4}$ de L.

Cuticule : Epaisse sur les 2 faces de L, surtout sur la face supérieure, moins épaisse sur O.

Epidermes (*e.s*,*e.i*) : Dans L, formés tous deux de petites cellules rectangulaires se prolongeant de loin en loin sur les 2 faces sous forme de poils unis ou bicellulaires.

Dans O, ces cellules sont de dimensions plus petites et les poils plus courts.

Parenchyme intermédiaire (*pa*) : Dans L, formé de cellules arrondies disposées par assises, en quelque sorte régulières dans toute l'étendue de ce parenchyme.

Dans O, ces cellules ont une tendance à affecter la forme polygonale, elles ne sont arrondies qu'autour des faisceaux

libéro-ligneux des nervures, savoir pour les parties supérieure et inférieure jusqu'aux épidermes, et à droite et à gauche sur une très petite étendue.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale (*f. l. l.*) : Dans L, la partie ligneuse comprend 5 ou 6 files ayant chacune 1 ou 2 vaisseaux.

Dans O, elle ne comprend plus que 3 ou 4 vaisseaux plus petits que dans L. Le liber y est également moins développé.

Le dessin ci-dessous représente deux portions de coupes transversales faites sur des sépales de *Justicia acanthiflora*, développés, l'un L à la pleine lumière, l'autre O, à l'obscurité.

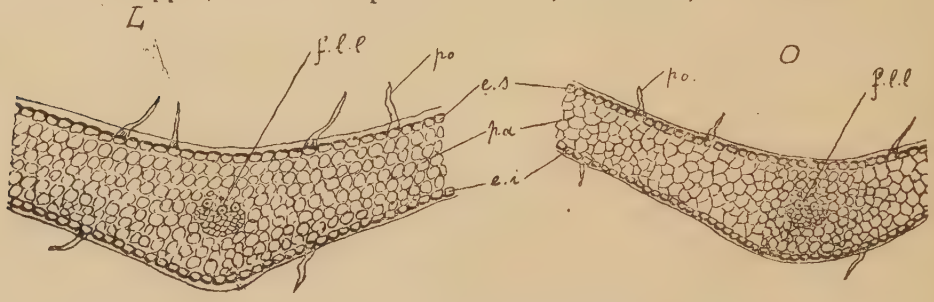

Fig. 13. — Coupe transversale de deux sépales de *Justicia acanthiflora* ; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

Teucrium fruticans.

Epaisseurs relatives : O $= \frac{2}{3}$ de L.

Cuticule : Très épaisse sur l'épiderme supérieur de L, beaucoup moins dans O.

Epiderme supérieur (*e. s.*) : Formé de cellules rectangulaires dans L et O, mais plus petites dans O.

Epiderme inférieur (*e. i.*) : Constitué par des cellules rectangulaires qui se prolongent en une véritable forêt de poils (*p. o.*), enchevêtrés, très longs dans L, plus courts et beaucoup plus clairsemés dans O.

Parenchyme intermédiaire (*p. a.*) : Formé de cellules arrondies dans L et affectant une forme légèrement polygonale dans O.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale (*f. l. l.*). — Eléments plus nombreux et un peu plus développés dans L que dans O.

Le dessin ci-dessous représente deux portions de coupes transversales faites sur des sépales de *Teucrium fruticans* développés l'un L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

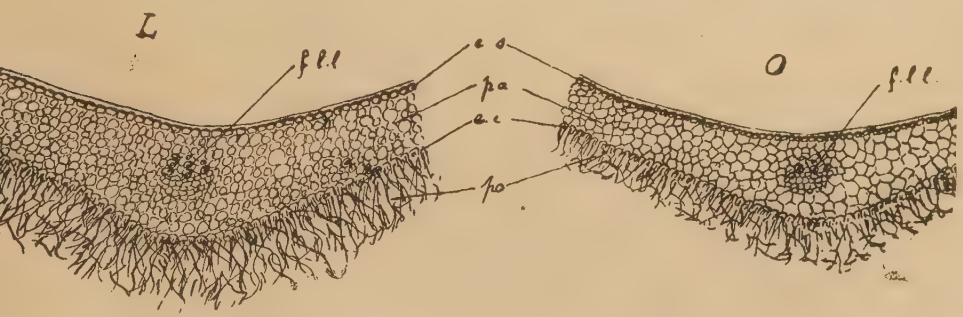

Fig. 14. — Coupe transversale de deux sépales de *Teucrium fruticans* ; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

Conclusions. — Comme nous l'avons constaté à propos des pédicelles floraux, l'obscurité a également déterminé chez les calices un développement moins considérable du tissu conducteur avec éléments de bois et de liber moins nombreux. De ce ralentissement dans l'activité nutritive de l'organe est résulté un moindre développement des éléments protecteurs et sécréteurs et du tissu parenchymateux, qui est devenu moins épais et dont les cellules arrondies dans certaines espèces ont été remplacées par des cellules polygonales Quelquefois cependant, ces cellules sont restées légèrement arrondies sur une petite étendue autour des faisceaux libéro-ligneux, là par conséquent où la nutrition était plus active.

III. — Corolle

Aloe arborescens

Epaisseurs relatives : O = $\frac{3}{4}$ de L.

Cuticule. — Dans L, épaisse sur l'épiderme supérieur, légère sur l'épiderme inférieur.

Dans O, moins épaisse pour les deux épidermes.

Epidermes. — Dans L, le supérieur est constitué par des cellules rectangulaires allongées dans le sens radial, à paroi externe fortement épaissie et colorée en brun ; l'inférieur est constitué par des cellules rectangulaires très légèrement colorées.

Dans O, le supérieur a des cellules moins allongées, à paroi externe moins forte et presque incolore ; l'inférieur a des cellules moins allongées et incolores.

Parenchyme intermédiaire. — Dans L, constitué par de grosses cellules rondes, légèrement ovoïdes.

Dans O, on trouve également de grosses cellules sans méats, ayant une tendance à affecter une forme légèrement polygonale.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale, — Dans L, la partie ligneuse est formée de 3 files comportant chacune 2 ou 3 vaisseaux. Ce faisceau est limité à la partie inférieure par un péricycle sécréteur assez développé.

Dans O on remarque que la partie ligneuse n'est plus formée que de 3 ou 4 vaisseaux, et le liber et le péricycle sécréteur y sont moins développés.

Hibiscus grandiflorus

Epaisseurs relatives : O = $\frac{5}{6}$ de L.

Cuticule : Beaucoup moins épaisse sur les deux faces de O que sur celles de L.

Epidermes (*e. s, e. i*) : Dans L constitués par 3 rangées de cellules rectangulaires ou légèrement carrées, alternant les unes avec les autres. L'épiderme inférieur ou externe (*e. i*) porte des rosettes de poils (*p. e,*) unicellulaires et quelques poils glanduleux à court pédicelle.

Dans O on ne voit plus que 2 rangées de ces cellules. et les poils de l'épiderme inférieur sont moins longs et moins nombreux.

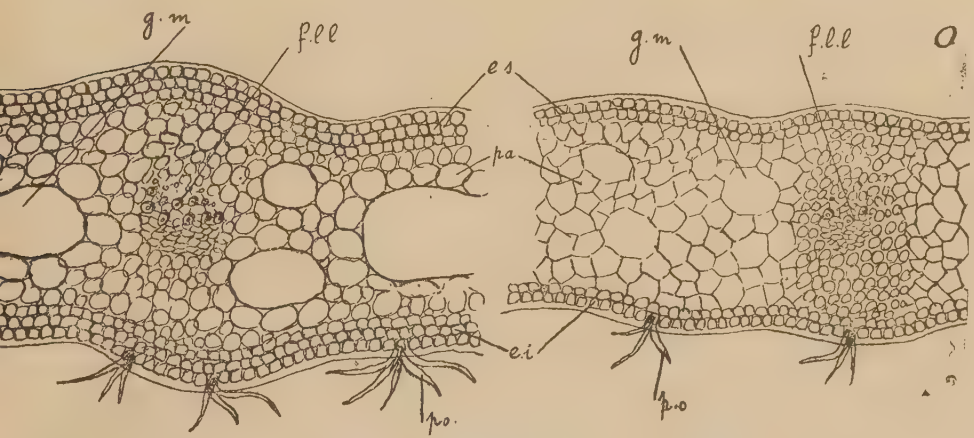

Fig. 15. — Coupe transversale de deux pétales d'*Hibiscus grandiflorus*; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

Parenchyme intermédiaire (*p. a*) : Dans L, formé par de grosses cellules sensiblement rondes, avec de très légers méats, mais délimitant dans l'étendue du parenchyme de larges espaces vides ou glandes à mucilage (*g. m*), à forme ovoïde.

Dans O, ces cellules sont plus petites, de forme polygonale, ne conservent la forme arrondie que tout autour des faisceaux libéro-ligneux, et les glandes à mucilage de forme polygonale ont une surface plus restreinte.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale (*f. l. l.*) : Dans L, partie ligneuse, formée de 5 ou 6 files de 2 ou 3 vaisseaux chacune ; dans O plus que 4 ou 5 vaisseaux plus petits et liber moins développé.

Le dessin ci-contre représente deux portions de coupes transversales faites sur des pétales d'*Hibiscus grandiflorus*, développés l'un L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

Ginesta iberica

Epaisseurs relatives : $O = 1 + \frac{1}{2}$ de L.

Cuticule : Moins épaisse sur O que sur L.

Epidermes : Constitués pas une assise de cellules rectangulaires de dimensions plus grandes dans O.

Parenchyme intermédiaire : Formé de grandes cellules polygonales, mais est beaucoup plus développé dans O, ce qui explique la différence d'épaisseur des deux coupes.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale : Moins développé et éléments moins nombreux dans O que dans L.

Justicia acanthiflora

Epaisseurs relatives : $O = \frac{1}{2}$ de L.

Cuticule. — Moins épaisse sur les deux faces de O que sur celles de L.

Epidermes. — Dans L, cellules rectangulaires, presque carrées, incolores, se terminant sur l'épiderme supérieur par des papilles coniques légèrement développées.

Dans O, on observe des cellules semblables, incolores, mais plus petites, se terminant sur l'épiderme supérieur par de très légères papilles affectant un peu la forme arrondie.

Parenchyme intermédiaire.— Dans L, formé de cellules polyédriques laissant entre elles, dans la partie médiane du parenchyme et sur toute sa longueur, de larges espaces vides.

Dans O, ces cellules sont plus petites et les espaces vides plus restreints.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale. — Dans L, la partie ligneuse est formée de 6 rangées de 2 à 4 vaisseaux chacune, et tout le faisceau est entouré d'une double rangée de cellules péricycliques fortement sclérifiées.

Dans O, le faisceau libéro-ligneux est beaucoup moins développé, ses éléments sont plus petits, et le péricycle n'est sclérifié que sur la partie regardant l'épiderme inférieur.

Anthemis, variété *Comtesse de Chambord*

Epaisseurs relatives : $O = \frac{3}{4}$ de L.

Cuticule. — Dans L, très légère sur la face inférieure, moins épaisse dans O.

Epidermes (*e.s*,*e.i*). — Dans L, le supérieur est constitué dans toute sa longueur par des cellules se prolongeant en papilles très développées, affectant la forme de dômes ; l'inférieur est constitué par de grosses cellules presque carrées, à parois externes et latérales, fortement épaissies.

Dans O, tous ces éléments sont bien moins accentués.

Parenchyme intermédiaire (*p.a*). — Dans L formé par de petites cellules, de forme très irrégulière, séparées entre elles par des espaces sensiblement quadrilatères, le tout offrant l'aspect d'une fine dentelle.

Dans O, aspect semblable mais avec des cellules plus petites.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale (*f. l. l*).— Très peu développé et formé, pour la partie ligneuse, de 4 ou 5 vaisseaux dans L et de 2 ou 3 plus petits dans O.

Le dessin ci-dessous représente deux portions de coupes transversales faites sur des corolles de demi-fleurons périphériques de cette variété d'*Anthemis*, développés, l'un L à la pleine lumière, l'autre O à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

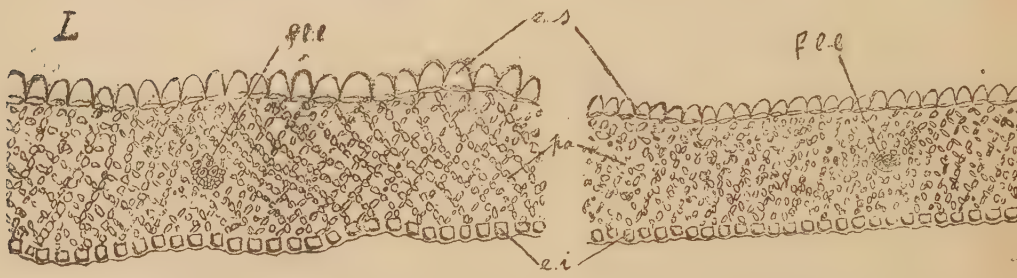

Fig. 16. — Coupe transversale de la corolle de deux demi-fleurons périphériques d'*Anthemis* var. *Comtesse de Chambord* ; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

Siphocampylus bicolor

Epaisseurs relatives : $O = \frac{4}{5}$ de L.

Cuticule : Assez épaisse sur la face supérieure de L, moins épaisse sur celle de O.

Epiderme, (*e. s*, *e. i.*) : Dans L, formés sur les 2 faces de cellules rectangulaires se prolongeant sous forme de papilles sur l'épiderme supérieur ou interne. Les deux épidermes donnent en outre naissance à des poils protecteurs (*p. o*) unicellulaires, plus nombreux sur l'épiderme inférieur.

Dans O tous ces éléments sont bien moins accentués.

Parenchyme intermédiaire (*p. a.*) : Dans L, formé de cellules arrondies séparées par de légers méats.

Dans O, ces cellules ont une tendance à affecter la forme polygonale et ne conservent la forme arrondie que dans l'entourage immédiat des faisceaux libéro-ligneux.

Faisceau libéro-ligneux de la nervure principale (*f. l. l.*) : Dans L, la partie ligneuse est constituée par 5 ou 6 rangées de 3 ou 4 vaisseaux chacune ; dans O, on ne trouve plus que 3 rangées de 2 ou 3 vaisseaux chacune, plus petits et un liber moins développé.

Le dessin ci-dessous représente deux portions de coupes transversales faites sur des corolles de *Siphocampylus bicolor* développées l'une L à la pleine lumière, l'autre O à l'obscurité.

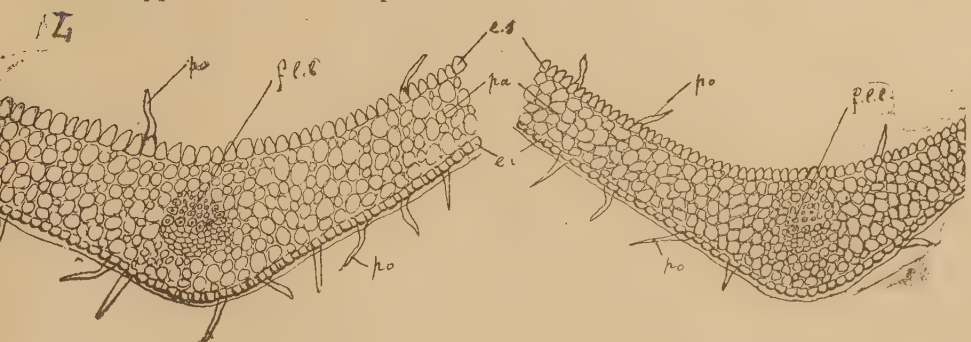

Fig. 17.— Coupe transversale de deux portions de corolle de *Siphocampylus bicolor*, découpées à hauteur du milieu du tube de cette corolle ; L se rapporte à la fleur développée à la pleine lumière, O à la fleur développée à l'obscurité.

Conclusions. — Ainsi que je l'ai déjà dit à propos des pédicelles floraux et des calices, l'obscurité a déterminé chez les corolles un développement moins considérable du tissu conducteur avec éléments de bois et liber moins nombreux. Ce ralentissement des fonctions de nutrition de l'organe a amené ici également un moindre développement des éléments protecteurs et secréteurs et du tissu parenchymateux, qui est devenu moins épais et dont les cellules, arrondies, dans certaines espèces, ont été remplacées par des cellules polygonales. Quelque fois cependant, ces cellules sont restées légèrement arrondies sur une petite étendue autour des faisceaux libéro-ligneux, là par conséquent où la nutrition était plus active.

Toutefois nous avons vu ici un cas de plus grand développement du tissu parenchymateux chez le *Genista iberica*. J'explique cette anomalie comme je l'ai déjà fait à propos des pédicelles floraux, en lui reconnaissant pour causes la légère augmentation de température dans l'intérieur de la boîte et une capacité calorifique suffisamment grande des tissus de la corolle de cette espèce végétale pour qu'il en résulte, selon les expériences de MM. G. Bonnier et Ed. Griffon un plus grand développement du tissu parenchymateux.

IV. — Androcée

Voici quelques-unes des observations que j'ai faites sur les anthères et le pollen de ces fleurs cueillies à l'époque de l'anthèse.

Epaisseurs relatives de la paroi de l'anthère

Aloe arborescens..... $O = \frac{4}{5}$ de L

Iris stylosa..... $O = \frac{3}{4}$ de L

Strelitzia Reginæ... $O = \frac{5}{6}$ de L

Hibiscus grandiflorus $O = \frac{3}{4}$ de L

Genista iberica..... $O = \frac{4}{5}$ de L

Justicia acanthiflora.. $O = \frac{2}{3}$ de L

Teucrium fruticans.. $O = \frac{5}{6}$ de L

Eléments de la paroi de l'anthère

Je n'ai pas constaté, après développement à l'obscurité, de modification dans les éléments de cette paroi, sauf en ce qui concerne leur couleur, c'est-à-dire que :

1° L'épiderme subsistait sur les anthères d'*Aloe arborescens*, *Justicia acanthiflora*, et *Teucrium fruticans*, développées à la lumière et à l'obscurité ;

2° Cet épiderme manquait sur les anthères L et O d'*Iris stylosa*, *Strelitzia Reginæ*, *Hibiscus grandiflorus*, *Genista iberica*.

3° Les assises de cellules à bandes étaient en même nombre sur les anthères L et O, savoir : 5 assises chez l'*Iris stylosa* et 1 assise sur les anthères des six autres espèces de fleurs dénommées ci-dessus.

4° Les dessins de ces bandes étaient semblables, je citerai entre autres les dessins scalariformes du *Strelitzia Reginæ*, les oursins de l'*Hibiscus grandiflorus* et les mailles du *Genista iberica*.

5° Mais les couleurs de ces parois étaient très atténuées à l'obscurité. C'est ainsi que :

Chez l'*Aloe arborescens* j'ai observé la couleur rouge orangé pour L, et jaune pour O.

Chez l'*Hibiscus grandiflorus*, rouge orangé pour L, blanc jaunâtre pour O.

La couleur de la paroi chez les autres fleurs citées était grise pour L, blanc légèrement teinté pour O.

Pollen.

Les grains de Pollen avaient conservé à l'obscurité la même forme, mais étaient de dimensions légèrement réduites. Quant à la couleur du protoplasma, elle avait été modifiée dans le même sens que celle de la paroi de l'anthère.

Conclusions. — C'est à dessein que j'ai laissé de côté l'étude anatomique du filet de l'étamine qui comportait les mêmes modifications de structure observées sur le calice et la corolle, mais il est aisé de constater le ralentissement de l'activité nutritive de l'androcée, en ce que l'obscurité diminue l'épaisseur de la paroi de l'anthère, le volume des grains de pollen, et atténue d'une façon plus ou moins considérable les couleurs de ces deux éléments.

V. — Gynécée.

Les coupes de la paroi de l'ovaire ayant été faites perpendiculairement à la nervure médiane des carpelles et au milieu de leur hauteur, il s'ensuit que l'on retrouve dans ces parois les mêmes modifications de structure déjà observées à propos des calices et des corolles, c'est-à-dire que l'obscurité détermine dans cet organe un développement moins considérable du tissu conducteur, et, l'activité nutritive du gynécée étant ainsi dimi-

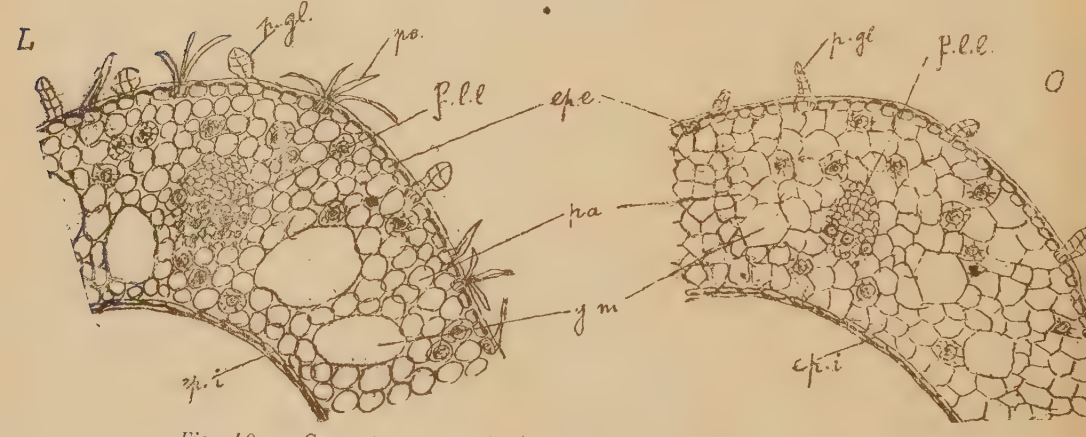

Fig. 18. — Coupe transversale de l'ovaire d'*Hibiscus grandiflorus*, faite perpendiculairement au milieu de sa hauteur et intéressant la nervure médiane d'un des carpelles.

nuée, il en résulte un développement également moins considérable des éléments protecteurs et glanduleux, et du tissu parenchymateux. Ce dernier voit en outre, souvent, ses cellules

prendre la forme polygonale lorsqu'elles étaient arrondies à la lumière.

Je donne ci-contre, à titre d'exemple, le dessin d'une portion de la coupe transversale faite dans l'ovaire d'*Hibiscus grandiflorus*, au milieu de sa hauteur, et qui permet de se rendre compte des modifications apportées par l'obscurité aux épidermes interne et externe (*ep. i* et *ep. e*), au tissu parenchymateux (*pa.*), qui renferme des oursins d'oxalate de chaux en plus petit nombre, au faisceau libéro-ligneux (*f. l. l.*), aux glandes à mucilage (*g. m.*), aux poils glanduleux (*p. gl*), et aux poils protecteurs (*po*), qui ont presque disparu à l'obscurité.

J'ai remarqué, d'autre part, que les ovules étaient de dimensions plus réduites à l'obscurité.

Ainsi que je l'ai dit à propos de l'anthère, j'ai laissé de côté l'étude anatomique du style qui comportait les mêmes modifications de structure observées sur la paroi de l'ovaire.

VI. — RÉSUMÉ GÉNÉRAL DES CONCLUSIONS SE RAPPORTANT A LA MORPHOLOGIE INTERNE.

Lorsqu'on fait développer, dans les conditions que j'ai précédemment indiquées, d'une part à la pleine lumière, et d'autre part à l'obscurité complète, des boutons floraux, comparables entre eux, choisis aussi petits que possible et appartenant à deux branches voisines d'une même plante, aussi comparables entre elles que possible, on constate, indépendamment des phénomènes ayant trait à la morphologie externe de ces fleurs, que j'ai déjà décrits, les modifications suivantes dans leur structure anatomique :

1° Tous les organes composant la fleur : pédicelle, calice, corolle, androcée et gynécée, éprouvent par le fait de leur développement à l'obscurité, des modifications de structure qui sont semblables pour tous ces organes ;

2° Ces modifications de structure intéressent tous les tissus de ces différents organes ;

3° Pour un même tissu, ces modifications se traduisent par une réduction dans le nombre et la grandeur de ses éléments et par un changement dans leur forme ;

4° C'est ainsi que la cuticule devient moins épaisse ; l'épiderme a des cellules plus petites et peut comprendre un plus petit nombre d'assises de cellules ; lorsque l'épiderme donne naissance à des poils protecteurs ou glanduleux ou à des papilles, ces éléments sont plus petits, moins nombreux et peuvent disparaître dans certains cas ; le tissu parenchymateux quel qu'il soit diminue d'épaisseur, ces cellules deviennent plus petites et peuvent changer de forme, au point de devenir polygonales à l'obscurité lorsqu'elles étaient arrondies à la lumière ; le tissu sécréteur inclus dans le tissu parenchymateux éprouve des modifications semblables; le tissu conducteur est toujours moins développé, les vaisseaux du bois et du liber sont toujours moins nombreux, de plus petites dimensions et peuvent aussi changer de forme, enfin les grains de pollen et les ovules sont toujours plus petits ;

5° Tous ces phénomènes résultent d'un ralentissement dans l'activité des fonctions de nutrition ;

6° Exceptionnellement, l'obscurité a pour effet de développer davantage le tissu parenchymateux seulement. Les cellules de ce tissu sont alors en plus grand nombre, mais, comme c'est la règle générale, elles sont de dimensions plus petites qu'à la lumière et quelquefois de forme modifiée.

Cela tient probablement à la température, qui est un peu plus élevée à l'obscurité par suite du dispositif de mes expériences, et à la chaleur spécifique particulière des espèces végétales chez lesquelles se produit ce phénomène anormal : ces deux causes ayant pour effet, comme cela a été constaté par d'autres expérimentateurs, de favoriser le développement du tissu parenchymateux.

7° L'action combinée de l'obscurité proprement dite, d'une

légère élévation de température et de la chaleur spécifique de certains végétaux permet d'expliquer et de comprendre par ce qui précède pourquoi, dans certains cas, j'ai constaté que les fleurs développées à l'obscurité avaient des dimensions, un poids et un volume supérieurs à ceux des fleurs développées à la pleine lumière.

CHAPITRE III

Principaux faits nouveaux mis en évidence et interprétation générale des résultats

Je ne veux pas répéter maintenant toutes les conclusions que j'ai déjà formulées à propos de la morphologie externe (page 78) et de la morphologie interne (page 103) des fleurs développées à l'obscurité. Ces conclusions doivent simplement être interprétées ici comme il convient, mais il est nécessaire auparavant de bien préciser les faits nouveaux suivants, mis en évidence par mes expériences.

1° Pour qu'une plante puisse fleurir à l'obscurité, il ne suffit pas, comme l'ont annoncé Sachs, Askenasy et M. Flahault, qu'elle possède des réserves ou qu'une partie suffisante de son appareil végétatif reste exposée à la lumière. D'autres conditions sont nécessaires dans certains cas : il faut notamment que le volume des boutons floraux mis en expérience ne descende pas au-dessous d'un certain minimum, qui correspond à un minimum de floraison pour certaines espèces végétales.

2° Sachs, puis M. Flahault, ont affirmé que la couleur des fleurs développées à l'obscurité est la même que celle des mêmes fleurs venues à la lumière directe, tandis qu'Hildebrandt et Askenasy ont constaté que les couleurs bleue et rouge subissaient une diminution d'intensité assez sensible et que M. L. Planchon a remarqué sur l'*Œnothera Lamarckiana* Ser., un affaiblissement très marqué de la couleur jaune et la disparition complète de la couleur rouge. Or, mes expériences montrent que :

a) L'obscurité affecte d'une façon très inégale les différentes couleurs des fleurs, mais elle les affecte toutes.

b) Pour une même couleur, le mode d'action varie avec l'espèce végétale, mais, quelle que soit l'espèce végétale considérée, il se produit, pour les différentes couleurs correspondant aux différentes radiations du spectre, un affaiblissement de l'intensité, qui est peu marqué dans certains cas, assez sensible dans d'autres et peut aller quelque fois jusqu'à la décoloration complète.

c) Cette décoloration se produit surtout pour les couleurs violette et rouge correspondant aux portions les plus réfrangibles et les moins réfrangibles du spectre.

3° Sachs et Askenasy ont annoncé, à la suite de leurs expériences, que la forme et les dimensions des fleurs venues à l'obscurité ne subissaient aucune réduction. Je n'ai rien constaté touchant la forme, mais, relativement aux dimensions, je suis arrivé à la conclusion suivante :

L'obscurité a pour effet, le plus souvent, de réduire les dimensions de la fleur proprement dite, y compris l'androcée et le gynécée, la corolle étant plus réduite que le calice, et d'augmenter la longueur de son pédicelle ou de réduire son diamètre.

Ces faits nouveaux étant bien établis, il est aisé de constater que tous les résultats que j'ai obtenus touchant la morphologie externe et la morphologie interne des fleurs développées à l'obscurité, sont de tous points semblables à ceux obtenus par M. Curtel en opérant à la lumière diffuse faible, autrement dit à l'ombre, mais avec une intensité d'action toujours plus considérable.

Je suis donc autorisé à confirmer et à généraliser les conclusions de M. Curtel au sujet du rôle nouveau qu'il attribue au périanthe de la fleur, au sujet de la coloration de cet organe, et au sujet de la cause à laquelle il faut rattacher tous les phénomènes observés, conclusions que j'ai relatées page 63. (C. — *Causes auxquelles sont dus les phénomènes de coloration des fleurs développées à la lumière et de décoloration des fleurs développées*

à l'obscurité) ; tous ces phénomènes ne provenant que d'une réduction dans l'activité des fonctions de nutrition de la fleur. Ces principaux phénomènes sont les suivants :

Morphologie externe : Floraison nulle ou en général plus tardive, avec fleurs moins nombreuses ; décoloration plus ou moins intense ; réduction des dimensions de la fleur et du diamètre du pédicelle ; augmentation fréquente de la longueur de ce dernier ; poids et volumes en général plus petits.

Morphologie interne : Modification de la structure de tous les tissus des différents organes de la fleur ; réduction du nombre et de la grandeur des éléments de ces tissus ; changement dans leur forme ; grains de pollen et ovules plus petits ; exceptionnellement développement, plus considérable du tissu parenchymateux.

Vu et permis d'imprimer :
Montpellier, le 13 Juillet 1901
Le Recteur,
A. BENOIST.

Vu :
Montpellier, le 13 Juillet 1901
Le Directeur,
G. MASSOL.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 5

CHAPITRE I. — Développement des fleurs à la lumière diffuse, autrement dit à l'ombre 10

A. *Morphologie externe* 10

B. *Morphologie interne* 17

CHAPITRE II. — Développement des fleurs à l'obscurité... 19

A. *Morphologie externe* 19

I. — Historique 19

II. — Disposition de mes expériences 25

III. — Détail de mes expériences 28

IV. — Conclusions 58

1° Floraison 58

2° Couleurs 60

3° Forme 72

4° Dimensions 72

5° Poids et volume 76

V. — Résumé général des conclusions se rapportant à la Morphologie externe 78

B. *Morphologie interne* 81

I. — Pédicelle floral 82

II. — Calice 89

III. — Corolle 94

IV. — Androcée 100

V. — Gynécée 102

VI. — Résumé général des conclusions se rapportant à la Morphologie interne. 103

CHAPITRE III. — Principaux faits nouveaux mis en évidence et interprétation générale des résultats 106